

تعیین اثر عمق و شوری آب زیرزمینی بر سهم آن در تأمین نیاز آبی و رشد نهال‌های خرما با کاربرد مالچ

پروانه تیشه زن^{۱*}، عبد علی ناصری^۲، علیرضا حسن اقلی^۳، موسی مسگرباشی^۴

۱. استادیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲. استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳. دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی) کرج

۴. استاد، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۹/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۲۰)

چکیده

سطح ایستابی شور کم عمق و کاهش کمی و کیفی آب‌های شیرین، از مسائل مهم بخش آب و خاک در برخی از دشت‌های مهم کشور به شمار می‌آید. از همین رو، سهم آب زیرزمینی در تأمین بخشی از آب مصرفی گیاه نیز می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. هدف این بررسی دستیابی به مدل سهم آب زیرزمینی شور در تأمین آب مورد نیاز نهال‌های خرما است. برای دستیابی به این هدف، آزمایش‌هایی با طرح کرت‌های دو بار خرد شده در پایه بلوک‌های کامل تصادفی شامل شوری آب زیرزمینی ($<4\text{dS/m}$ ، ۸ و ۱۲)، عمق آب زیرزمینی (۶۰ و ۹۰) و دو سطح مالچ (خاک‌پوش) (مالچ برگ خرد شده خرما و بدون مالچ) با سه تکرار به مدت ۱۵ ماه اجرا شد. داده‌های جمع‌آوری شده با توجه به طرح آزمایشی، تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاکی از معنی‌دار بودن اثر مالچ (در سطح یک درصد) بر سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه بود. در واقع، در تیمارهای دارای مالچ به دلیل حفظ رطوبت در خاک و نیاز کمتر به آب، سهم آب زیرزمینی نیز کمتر شد. اثر هم‌زمان شوری و عمق آب زیرزمینی بر میزان سهم آب زیرزمینی در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود. برای برآورد سهم آب زیرزمینی با توجه به هر سه این عوامل، ۱۱ مدل ریاضی مورد بررسی قرار گرفت. بهترین مدل، رگرسیون خطی چند متغیره با $r^2=0/6$ و معنی‌داری در سطح پنج درصد به دست آمد. با توجه به تأثیر هم‌زمان شوری و عمق آب زیرزمینی در سطح احتمال بالای ۹۰ درصد، امکان دستیابی به مدل دقیق‌تر با استفاده از عامل جدیدی که ناشی از ضرب این دو فاکتور بود، بررسی شد. مدل درجه سه با عامل جدید (ضرب شوری و عمق آب زیرزمینی)، بهترین مدل برای دو حالت بدون مالچ و با مالچ به ترتیب با $r^2=0/76$ و $r^2=0/94$ بود.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون، سطح ایستابی، مالچ، نهال خرما، برخی.

مقدمه

بگذارد. عمق مناسب برای سطح ایستابی با تعادل بین عمق مؤثر ریشه‌ها، ناحیه مویبندی و جریان رو به بالا به دست می‌آید. گیاهان ۷۰ درصد از جذب آب و مواد غذایی را در نیمه اول عمق ریشه‌های خود انجام می‌دهند که عمق مؤثر ریشه است (Noori, 2006). البته میزان دسترسی بستگی زیادی به نوع محصول نیز دارد.

Yang *et al.* (2000) در مطالعه‌ای لایسیمیتری، میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گندم زمستانه در طی یک فصل را ۱۶/۶ درصد از سطح ایستابی ۲/۴-۱/۶ متری برآورد نمودند. Sepaskhah *et al.* (2003) با مقایسه دو گیاه ذرت و سورگوم دریافتند که با پایین افتادن سطح ایستابی، سهم آب زیرزمینی برای گیاه ذرت ۲۲ درصد بیش از سورگوم کاهش یافت. بررسی اثر عمق سطح ایستابی بر بیلان آب و عملکرد دو پایه گلایی در مزرعه‌ای واقع در شمال ایتالیا نشان داد که سهم

علیرغم این که کنترل سطح ایستابی در طول دوره رشد به منظور استفاده بهینه از آب، روش متداول نواحی مرطوب است، ولی بررسی‌های انجام شده بیانگر امکان استفاده از آبیاری زیرزمینی برای شرایط خشک و نیمه‌خشک نیز است (Noori, 2006). Grismer & Gates (1988) گزارش دادند که در شرایط خشک، سطح ایستابی می‌تواند ۶۰ الی ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه را تأمین کند. میزان دسترسی به آب زیرزمینی با افزایش عمق سطح ایستابی کاهش می‌یابد (Ayars *et al.*, 1996; Hutmacher *et al.*, 1999). عمق بسیار پایین امکان استفاده گیاه از آب زیرزمینی را فراهم نمی‌سازد و عمق بسیار کم ممکن است با ایجاد ماندابی و شرایط تهویه نامناسب، بر رشد گیاه اثر منفی

* نویسنده مسئول: Partishehzan@scu.ac.ir

شور می‌شوند. Daddi Bheouhoun *et al.* (2011) اثر شوری و غرقابی را بر عملکرد خرما بررسی نموده و دریافتند با افزایش شوری خاک و کاهش عمق ایستابی و حضور افق گچی در نیمرخ خاک، عملکرد کاهش می‌یابد. اثر متقابل معنی‌دار بین شوری خاک و عمق ایستابی نشان داد که گیاه واکنش بیشتری به شدیدترین تنش در مقایسه با ترکیب اثرات مجزا، نشان می‌دهد. در جنوب تونس، ماندابی، شوری و کمبود آب خطرناکی جدی برای کشاورزی آبی پایدار هستند. Askari *et al.* (2014) مدل HYDRUS- 1D را برای بررسی اثر ماندابی، شوری و کمبود آب بر آب موردنیاز خرما را به کار بردند. نتایج نشان داد اثر عمق سطح ایستابی و تواتر آبیاری با فصل متغیر است. در تابستان تواتر آبیاری زیاد و سطح ایستابی کم عمق برای حفظ مقدار رطوبت زیاد و شوری کم در ناحیه ریشه لازم است و بنابراین تعرق درخت خرما نیز بیشتر است. اما این فاکتورها اثر معنی‌داری در زمستان نداشتند. نتایج همچنین نشان داد که شوری آب آبیاری اثر معنی‌داری بر رشد گیاه تحت شرایط آب زیرزمینی کم عمق شور ندارد.

مطالعات نشان می‌دهد که قسمت‌های مختلف ناحیه ریشه تأثیر یکسانی بر عملکرد محصول ندارند. بنابراین، چنانچه شوری ناحیه بالایی ریشه در سطح نسبتاً پایینی حفظ شود، شوری یک‌چهارم انتهایی ناحیه ریشه تأثیر کمتری بر رشد گیاه خواهد داشت، زیرا گیاهان قادرند آب را از نواحی با شوری کمتر جذب کرده و جذب آب از نواحی شورتر را کاهش دهند (Bernstein and Francois 1973; Bingham and Garber 1970; Shalhevent and Bernstein 1968).

Elkhoumsi *et al.* (2015) مطالعه‌ای را در کشور مراکش برای تعیین میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین آب مصرفی درختان خرما انجام دادند. نتایج نشان داد که سیستم ریشه درختان نخل می‌تواند تا عمق زیاد (تا ۹ متری) برسد و این امر به برداشت آب از سطح آبدار کمک می‌کند. نتایج نشان داد در طول فصل خشک (ژوئن، جولای و آگوست) بدون منبع آبیاری، ۵۰ درصد از تعرق نخل خرما از سطح آب زیرزمینی تأمین شده است.

گاهی اوقات اقدامات مدیریتی در مزرعه می‌تواند اثر تنش را تعدیل کند و یا تغییر دهد. برای مثال مالچ‌دهی با کاهش تلفات تبخیر، فرصت شور شدن خاک را کاهش می‌دهد. وقتی آب‌شور به کار برده شود، افزایش غلظت نمک‌های محلول در سطح خاک قابل‌انتظار است. مالچ‌دهی به‌طور قابل‌توجهی به شستشوی نمک‌ها کمک کرده و ESP را کاهش می‌دهد و بنابراین، شرایط محیطی برای رشد ارقام مقاوم به وجود می‌آید (Rhoades *et al.*, 1992).

آب زیرزمینی در حضور سطوح ایستابی کمتر از ۱۲۰ سانتی‌متر، اغلب بیش از ETc روزانه بود، ولی این سهم در اعماق ۱۶۰-۱۵۰ سانتی‌متری خیلی سریع پایین آمد (Battiliani *et al.*, 2004).

Kahlowan *et al.* (2005) در پاکستان به کمک ۱۸ لایسیمتر، اثر سطح ایستابی کم عمق بر نیازهای آبی چند گیاه شامل گندم، نیشکر، ذرت، آفتابگردان، سورگوم و شبدر برسیم را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که سهم آب زیرزمینی در تأمین نیازهای آبی گیاه، با عمق سطح ایستابی تغییر می‌کند، به طوری که در عمق ۰/۵ متری، گندم تمام نیاز آبی و آفتابگردان بیش از ۸۰ درصد احتیاجش را از آب زیرزمینی تأمین کرد. Sepaskhah & Karimi-Goghari (2005) با آزمایشی لایسیمتری، اثر عمق و شوری آب زیرزمینی در خاکی لوم سیلتی را بر میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی نهال پسته بررسی نمودند. آب زیرزمینی غیرشور کم عمق (۱۲۰-۳۰ سانتی‌متری) تحت شرایط آبیاری و عدم آبیاری به ترتیب ۸۹/۷-۷۲/۴ درصد و ۹۰/۷-۱۰۰ درصد در تأمین نیاز آبی گیاه سهم داشت. این سهم برای آب زیرزمینی شور در شرایط آبیاری و عدم آبیاری به ترتیب ۵۷/۲ تا ۷۴/۸ و ۷۹/۳ تا ۱۰۰ درصد بود. پایین افتادن عمق سطح ایستابی به دلایل مختلف نظیر پمپاژ بیش از اندازه، سبب کاهش تبخیر و تعرق گیاهی می‌شود. در مطالعه‌ای در کلرادو، اثر پایین افتادن طولانی مدت عمق سطح ایستابی بر تبخیر و تعرق و رشد گیاه Rush بررسی شد. افزایش عمق سطح ایستابی از ۰/۹۲ به ۲/۵ متر سبب کاهش ۳۲ درصدی تبخیر و تعرق و کاهش ۶۲ درصدی سهم آب زیرزمینی شد (Cooper *et al.*, 2006).

نتایج Benaissa (2008) نشان داد که بین تبخیر و تعرق خرما و صعود آب از سطح ایستابی کم عمق همبستگی خوبی وجود دارد. Zeineldin & Aldakheel (2010) در طی مطالعه‌ای در عربستان سعودی با استفاده از پنج لایسیمتر زهکش‌دار به قطر ۱/۳ و عمق دو متر، اثر کاهش آب آبیاری به میزان ۵۰ درصد و تغییر سطح ایستابی را بر میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی خرما سه ساله بررسی نمودند. میزان سهم آب زیرزمینی در عمق‌های ۱۳۳ و ۱۴۵ سانتی‌متری به ترتیب ۵۰ و ۲۲ درصد در طول ماه آگوست، بود. اما در طی ماه اکتبر سهم آب زیرزمینی برای اعماق ۱۴۴، ۱۴۱ و ۱۳۳ سانتی‌متری به ترتیب ۱۷، ۲۰ و ۲۱ درصد بود.

دوره گیرایی نهال خرما به تنش شوری حساس است. هرساله کشاورزان متحمل هزینه‌های زیادی برای واکاری نهال‌های خرما به دلیل شوری ناشی از سطح ایستابی کم عمق

پنج اهواز- خرمشهر (30', 48° E, 15', 31° N) و ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا) به مدت ۱۵ ماه انجام شد. این پژوهش در قالب طرح کرت دو بار خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح شوری آب زیرزمینی (کرت اصلی: $4 \leq S1 < 8$ ، $S2=12=S3$)، عمق آب زیرزمینی (کرت فرعی: $D1=60$ cm و $D2=90$) و دو سطح مالچ (کرت فرعی: $M1$ = بدون مالچ و $M2$ = مالچ برگ خردشده خرما به مقدار $5/5 \text{ kg/m}^2$) با سه تکرار اجرا شد. بدین منظور، ۳۶ لایسیمتر زهکش‌دار از جنس پلی‌اتیلن به قطر داخلی ۰/۸ متر و ارتفاع ۱/۲ متر ساخته شد و در داخل خاک نصب و با خاک لوم (مشابه منطقه) به روش غرقابی پر شد. خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. در هر لایسیمتر، یک نهال کشت بافتی خرما رقم برحی کاشته شد. آب لازم برای تیمار آب زیرزمینی کمتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر از آب رودخانه کارون و آب موردنیاز دو تیمار دیگر آب زیرزمینی با استفاده از مخلوط زه‌آب مزارع مجاور و آب آبیاری (آب کارون) تأمین شد. شوری آب آبیاری در طول آزمایش در دامنه ۲/۹۸-۱/۳۵ دسی-زیمنس بر متر بود. برای اعمال عمق کنترل شده تیمارهای $D1$ و $D2$ در هر لایسیمتر از بطری ماریوت جداگانه (توصیف شده توسط MOOR (۲۰۰۴)) استفاده شد (شکل ۱). داده‌های هواشناسی موردنیاز از ایستگاه هواشناسی رادار اهواز (مجاور محل آزمایش) جمع‌آوری و میزان آب آبیاری به روش تشتت تبخیر با استفاده از معادلات ۱ و ۲ (Allen et al., 1998) برآورد شد:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$ET_o = K_p \times E_{pan} \quad (\text{رابطه ۲})$$

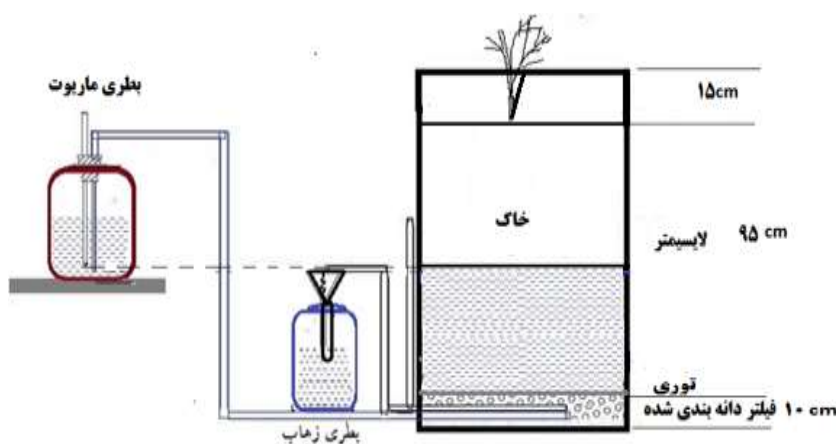
که در آن‌ها: ET_c = آب موردنیاز نهال خرما (mm)، ET_o = تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)، K_c = ضریب گیاهی، K_p = ضریب تبخیر از تشت و E_{pan} = تبخیر از تشت (mm) است. مقدار K_p با توجه به سرعت باد و رطوبت نسبی همراه و K_c با توجه به مرحله رشد نهال تعیین شد. با توجه به اهداف مطالعه نیاز آبتی در نظر گرفته نشد. حجم آب زیرزمینی صعود کرده به ناحیه ریشه با اندازه‌گیری حجم آب بطری ماریوت تعیین شد. حجم زهاب هر لایسیمتر در بطری‌های در بسته (برای جلوگیری از تبخیر) جمع‌آوری و ۷۲ ساعت پس از آبیاری، اندازه‌گیری شد. رطوبت حجمی خاک با نمونه‌برداری در فواصل معین، محاسبه شد.

تأثیر مالچ آلی (پوشش گیاهی بریده‌شده اطراف نخل‌ها) و محلول‌پاشی درختان دوساله نخل روغنی با مواد ضد تعرق، بر حفظ رطوبت خاک در کاستاریکا بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از مواد ضد تعرق، بهبودی در وضعیت پتانسیل آب نخل‌ها ایجاد نمود، ولی استفاده از پوشش گیاهی بریده‌شده به‌عنوان مالچ اطراف نخل‌ها در ابتدای فصل خشک، سبب بهبود وضعیت رطوبت خاک و رشد درختان شده و به هدایت روزنه‌ای بالایی منجر گشت. به‌عبارت‌دیگر مالچ، تبخیر از سطح خاک اطراف نخل را کاهش داد (Villalobos et al., 2004). در امارات متحده عربی از برگ‌های خردشده نخل به ضخامت حدود ۱۰ سانتی‌متر به‌عنوان مالچ استفاده کرده و اثر آن را بر کنترل علف‌هرز و نیز رطوبت خاک بررسی نمودند. نتایج نشان داد که مالچ باعث کنترل نسبی علف‌های هرز می‌گردد (Anonymous, 2007). آزمایش مزرعه‌ای در Albaten, Buraydah عربستان سعودی توسط Alharbi (2015) انجام شد تا اثر مالچ بر خصوصیات خاک تحت شرایط کشت را بررسی شود. یافته‌های این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر قوی غیرمستقیم رطوبت خاک و مالچ بر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دسترس خاک است. بالاترین مقدار ازت کل خاک در حضور مالچ و آبیاری کامل (۱۰۰ درصد) که شرایط برای فرایند معدنی شدن نیتروژن مناسب بود، مشاهده شد. بالاترین مقدار فسفر و پتاسیم قابل‌دسترسی به ترتیب در تیمار مالچ و ۷۵ درصد آبیاری کامل و تیمار مالچ و ۸۵ درصد آبیاری به‌دست آمد.

برخی پژوهشگران میزان سهم آب زیرزمینی را با شوری و عمق آب زیرزمینی مدل نموده‌اند. Kang et al. (2001) مطالعه‌ای لایسیمتری برای بررسی سهم آب زیرزمینی (عمق ۰/۵-۲/۵ متر) بر تأمین نیاز آبی ذرت و گندم زمستانه در شرایط نیمه‌خشک انجام دادند. آن‌ها رابطه بین تبخیر و تعرق و عمق آب را برای چند ماه به‌صورت خطی و برای ماه‌های دیگر به‌صورت چندجمله‌ای به‌دست آوردند. همه پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه سهم آب زیرزمینی یک یا دو عامل (شوری و/یا عمق آب زیرزمینی) را بررسی نموده‌اند، اما اثر عوامل دیگر مانند پوشش خاک و تأثیر آن بر میزان سهم آب زیرزمینی ارزیابی نشده است. در این پژوهش سعی شد تا مدل سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی نهال‌های خرما در دوره‌گیری با در نظر گرفتن هم‌زمان سه عامل شوری آب زیرزمینی، عمق سطح ایستایی و پوشش خاک سطحی به‌دست آید.

مواد و روش‌ها

برای دستیابی به اهداف مطرح‌شده آزمایش‌ها لایسیمتری در پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری ایران واقع در کیلومتر



شکل ۱. نمودار شماتیک لایسیمتر و روش بطری ماریوت

و تعرق نهال خرما (L) است. میزان سهم آب زیرزمینی (q) با استفاده از $q = V_g / ET_{datepalm}$ محاسبه شد. به منظور برآورد سهم آب زیرزمینی با توجه به سه عامل شوری، عمق آب زیرزمینی و نیز پوشش خاک برای نهال خرما، از نرم‌افزار SPSS 19 استفاده و بین داده‌های فوق و درصد سهم، رگرسیون خطی یک و چند متغیره و رگرسیون غیرخطی (۱۱ مدل) برازش داده شد و بهترین برازش بر اساس ضریب تعیین و تجزیه آماری مدل انتخاب شد.

خصوصیات مختلف رشد رویشی نظیر ارتفاع و قطر نهال، تعداد برگ و برگچه، طول برگ و برگچه، عرض برگ و برگچه در ابتدا و انتهای آزمایش اندازه‌گیری شد. در انتهای آزمایش بیان آب هر لایسیمتر به‌طور مجزا با استفاده از معادله (۳) تعیین شد:

$$V_i + V_{pre} + V_g - V_d + \Delta W_s = ET_{datepalm} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن: V_i ، V_{pre} ، V_g و V_d به ترتیب حجم آبیاری (L)، حجم بارندگی (L)، حجم صعود آب زیرزمینی (L) و حجم زهاب (L) می‌باشند. ΔW_s مقدار تغییرات رطوبت خاک و $ET_{datepalm}$ تبخیر

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی خاک محیط ریشه

آنیون‌ها (meq/lit)				pH	EC (dS/m)	کاتیون‌ها (meq/lit)				بافت خاک
SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^{-2}	CO_3^{-2}			K^+	Na^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	
۱۵/۷۷	۱۱۷/۵	۱۰		۷/۴۵	۱۴/۷	-	۸۹/۰۵	۳۸	۱۴	لوم

آزمایش‌های کنترل سطح ایستابی در عمق ۶۰ سانتی‌متر تعداد برگ و برگچه جدید به ترتیب ۴/۳۳ و ۱۱۷/۶۷ در تیمار D1S3M2 به‌دست آمد. در تیمار D2S2M2 این مقادیر به ترتیب چهار و ۱۲۰/۳۳ در عمق ایستابی ۹۰ سانتی‌متری به‌دست آمد. نتایج آنالیز واریانس (جدول ۲ و ۳) نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر رشد نهال در دوره گیرایی نداشت، زیرا نهال خرما رقم برحی توانایی تحمل شوری در حد اعمال‌شده در آزمایش را داراست، اما مالچ اثر معنی‌داری بر تولید برگچه به ترتیب در سطح یک و پنج درصد برای اعماق ایستابی D1 و D2 داشت. اثر متقابل شوری و مالچ نیز بر متغیرهای رشد معنی‌دار نبود. با در نظر گرفتن همه تیمارها باهم (کرت دو بار خردشده) نیز اثر مالچ در تعداد برگ و برگچه در سطح یک درصد معنی‌دار شده و بقیه عوامل معنی‌دار نبودند.

نتایج و بحث

خصوصیات رویشی در ابتدا و انتهای آزمایش اندازه‌گیری و تفاوت آن‌ها به‌عنوان میزان رشد در نظر گرفته شد. درصد گیرایی در این آزمایش ۱۰۰ درصد بود و تمام نهال‌ها زنده مانده و رشد نمودند. بالاترین شوری اندازه‌گیری شده خاک ۱۴/۱۷ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار D2S3M1 بود که نهال‌ها به‌خوبی آن را تحمل نمودند. Pandeya & Ramoily (2003) توانایی زنده‌مانی نهال‌های خرما رقم Rati در خاک لوم شنی با شوری ۱۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر را گزارش نمودند. با توجه به این‌که سطح ایستابی (شرایط اولیه) برای همه تیمارها یکسان نبود، برای مقایسه بهتر تأثیر عوامل شوری و مالچ بر رشد رویشی، تیمارهای مشابه از نظر عمق برای بررسی دو عامل دیگر در نظر گرفته شدند. مالچ باعث رشد بهتر نهال‌های خرما شد. در

جدول ۲. تجزیه واریانس میانگین مربعات تغییر در خصوصیات رشد رویشی در حضور سطح ایستابی ۶۰ سانتی متری

منبع	درجه آزادی	ارتفاع نهال	قطر نهال	طول برگ	طول برگچه	طول برگ	عرض برگ
تکرار	۲	۸۱/۲۶۷	۰/۷۰۴	۰/۵	۱۹۱/۱۶۷	۹/۲۳۸	۳۷/۹۱۴
شوری آب زیرزمینی	۲	۸۲/۴۴۴ns	۰/۸۰۲ns	۱/۱۶۷ns	۳۶۶/۱۶۷ns	۴/۰۸۲ns	۰/۳۲۴ns
خطا	۴	۵۴/۰۷۶	۲/۲۵۹	۰/۱۶۷	۳۷۴/۰۸۳	۶/۶۹۱	۲۷/۴۵۹
مالچ	۱	۵/۸۹۴ns	۰/۴۶۷ns	۲ns	۲۴۹۶/۸۸۹**	۳۱/۵۷۵ns	۶/۸۳۳ns
شوری آب زیرزمینی* مالچ	۲	۸۷/۲۲ns	۰/۲۶۹ns	۰/۱۶۷ns	۳۴۸/۳۸۹ns	۱/۵۱۴ns	۳/۱۸۷ns
خطا	۶	۳۵/۹۱۳	۱/۶۲۵	۰/۶۱۱	۱۳۷/۸۸۹	۳۹/۲۴۸	۱۳/۰۳
کل	۱۷						

** : معنی دار در سطح یک درصد * : معنی دار در سطح پنج درصد ns : معنی دار نیست

جدول ۳. تجزیه واریانس میانگین مربعات تغییر در خصوصیات رشد رویشی در حضور سطح ایستابی ۹۰ سانتی متری

منبع	درجه آزادی	ارتفاع نهال	قطر نهال	طول برگ	طول برگچه	طول برگ	عرض برگ
تکرار	۲	۱۳۸/۰۶۷	۲/۱۲۲	۰/۳۸۹	۴۲/۷۲۲	۱۰۴/۲۳۱	۴/۷۹۷
شوری آب زیرزمینی	۲	۲/۶۱۷ns	۰/۵۰۲ns	۰/۸۸۹ns	۱۰۶۶/۰۵۶ns	۹۰/۴ns	۴۴/۲۷ns
خطا	۴	۳۴/۳۴۷	۰/۶۷۱	۰/۷۲۲	۴۳۱/۲۲۲	۵۲/۳۴	۲۹/۵۵۸
مالچ	۱	۳۷۹/۹۶۱ns	۰/۰۰۲ns	۱/۳۸۹ns	۱۸۰۰*	۲۶/۱۸۵ns	۸/۴۰۵ns
شوری آب زیرزمینی* مالچ	۲	۱۵۵/۴۳۴ns	۴/۷۸۷ns	۰/۲۲۲ns	۵۶۱/۱۶۷ns	۳/۵۴۴ns	۳/۵۸۳ns
خطا	۶	۷۶/۶۴۳	۲/۹۵۲	۰/۶۱۱	۲۷۲/۲۷۸	۲۳/۷۵	۳۶/۳۵۵
کل	۱۷						

** : معنی دار در سطح یک درصد * : معنی دار در سطح پنج درصد ns : معنی دار نیست

Sener, 2002; Sepaskhah & Karimi Goghari, 2005 and Zaineldin & Aldakhil, 2010). همچنین، در اکثر تیمارها میزان سهم با افزایش شوری آب زیرزمینی بیشتر شد که مطابق یافته Konukcu & Sener (2002) است.

با توجه به یافته‌های فوق، ابتدا رگرسیون بین سهم آب زیرزمینی و هر یک از عوامل، اعم از شوری آب زیرزمینی، عمق آب زیرزمینی و مالچ به‌طور جداگانه برای مدل‌های خطی، لگاریتمی، معکوس، درجه‌دو، درجه سه، ترکیبی، توانی، سیگموئید، رشد، نمایی و لجستیک بررسی شد. مقدار r^2 در همه مدل‌های فوق برای برآورد رابطه عمق آب زیرزمینی و درصد سهم آن کم بود ($r^2=0/12$). مقدار ضریب تبیین نیز برای همه مدل‌های ارائه شده، برای برآورد رابطه بین شوری آب زیرزمینی و درصد سهم آب زیرزمینی بسیار پایین و غیرقابل قبول (با $r^2=0/06-0/02$) به‌دست آمد. در بررسی اثر مالچ، تیمارهای دارای مالچ با عدد یک و تیمارهای دیگر با عدد صفر مشخص شد. بین پوشش خاک و درصد سهم آب زیرزمینی نیز مدل‌های خطی، درجه دو، درجه سه، ترکیبی، رشد، نمایی و لجستیک دارای $r^2=0/46-0/47$ بودند. این بدان معناست که درصد سهم به‌تنهایی، از شوری یا عمق آب زیرزمینی و یا پوشش خاک پیروی نمی‌کند. به‌عبارت‌دیگر صعود آب

پس از اندازه‌گیری کل داده‌ها، اثر عوامل مختلف بر میزان سهم آب زیرزمینی تعیین شد. برای این منظور ابتدا داده‌ها از نظر نرمال بودن بررسی شده و پس از اطمینان از این موضوع با نرم‌افزار MSTATC(v.2) تجزیه و تحلیل شدند. علت انتخاب این نرم‌افزار به دلیل طرح آزمایشی کرت دوبرار خرد شده بود که نرم‌افزار SPSS19 قادر به تحلیل صحیح این طرح نیست. همان‌گونه که از جدول (۴) مشخص است، اثر مالچ بر میزان سهم آب زیرزمینی در سطح یک درصد معنی دار است. اما اثر شوری و عمق آب زیرزمینی در سطح پنج درصد بر میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی نهال‌های خرما معنی دار نبود. با بررسی بیشتر تأثیر متقابل شوری و آب زیرزمینی مشخص شد که در سطح احتمال ۹۲ درصد، این تأثیر معنی دار است. با توجه به اهمیت موضوع و این‌که تفاوت ناچیز ۳ درصدی بین سطوح معنی داری ۵ و ۸ وجود دارد، برای دستیابی به مدل دقیق‌تری جهت پیش‌بینی سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی خرما، اثر متقابل نیز برای مدل‌سازی مورد بررسی قرار گرفت.

اگرچه اثر عمق آب زیرزمینی بر میزان سهم از نظر آماری معنی دار نبود، اما همان‌گونه که انتظار می‌رفت، با افزایش عمق، میزان سهم آب زیرزمینی کاهش یافت. این یافته با نتایج دیگر پژوهشگران مطابقت دارد (Boland et al., 1996; Konukcu &

که در آن: q = درصد سهم آب زیرزمینی، EC = شوری آب زیرزمینی (dS/m) ، D = عمق آب زیرزمینی (cm) و M = پوشش خاک که در صورت وجود یک و در غیر این صورت، صفر قرار داده می‌شود.

ضریب تبیین به دست آمده این مدل $(r^2 = 0.602)$ از نظر آماری مورد بررسی قرار گرفت که در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

زیرزمینی، تبخیر و تعرق نهال خرما و در نتیجه، سهم آب زیرزمینی متأثر از هر سه این عوامل است. بنابراین رگرسیون خطی چند متغیره بین این سه عامل برازش داده شد. بهترین مدل رگرسیون غیرخطی به صورت زیر به دست آمد:

$$q = 22.092 + 0.135(EC) - 0.9(D) - 5.273(M)$$

$$r^2 = 0.602$$

(رابطه ۴)

جدول ۴. تجزیه واریانس میانگین مربعات تبخیر و تعرق خرما، صعود آب زیرزمینی و سهم آب زیرزمینی

منبع	درجه آزادی	تبخیر و تعرق خرما	صعود آب زیرزمینی	سهم آب زیرزمینی
تکرار	۲	۵۴۲۴/۷۲۲	۷۳۷۱/۶۲۷	۱۰۰/۹۹
شوری آب زیرزمینی	۲	۱۴۳۴/۵۳۱ns	۹۴۶/۱۲۹ ns	۶/۱۲۴ ns
خطا	۴	۱۳۷۶/۶۴۲	۱۴۸۹/۲۹۱	۱۴/۰۲۸
عمق آب زیرزمینی	۱	۲۳۱۶۹/۹۶۹ns	۹۴۲۴/۲۰۲ns	۶۶/۱۵۱ ns
شوری*عمق آب زیرزمینی	۲	۲۵۷۸/۳۳۰ns	۸۵۴۷/۴۳۷ns	۹۳/۶۰۵ ns
خطا	۶	۸۹۱۰/۰۳۵	۲۸۴۴/۶۹۰	۲۴/۰۴۹
مالچ	۱	۴۶۲۶۹/۸۶۴**	۵۵۶۹۵/۲۱۲**	۲۵۰/۳۷۸**
مالچ*شوری آب زیرزمینی	۲	۲۱۶/۰۲۹ ns	۱۱۲۵/۶۹۲ns	۱۰/۱۹۷ ns
مالچ*عمق آب زیرزمینی	۱	۱۹۱۴/۵۴۶ns	۵۴۲/۰۳۶ ns	۰/۱۰۷ ns
مالچ*شوری*عمق آب زیرزمینی	۲	۷۹۹۹/۰۶۱ ns	۸۰۸/۶۵۱ ns	۳/۴۸۴ ns
خطا	۱۲	۳۵۸۷/۴۸۱	۱۱۱۵/۲۱۹	۱۲/۸۶۵
کل	۳۵			

جدول ۵. تجزیه آماری مدل رگرسیون خطی چند متغیره

مدل	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۳	۱۰۹/۰۲۲	۳۶/۳۴۱	۴/۰۳۱	۰/۰۵
باقیمانده	۸	۷۲/۱۲۸	۹/۰۱۶		
کل	۱۱	۱۸۱/۱۵۰			

جدول ۶. تجزیه آماری مدل رگرسیون غیرخطی چند متغیره

مدل	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۳	۱۰۹/۵۵۴	۳۶/۵۱۸	۴/۰۸	۰/۰۵
باقیمانده	۸	۷۱/۵۹۶	۸/۹۵		
کل	۱۱	۱۸۱/۱۵۰			

جدول ۷. تجزیه آماری ضرایب مدل رگرسیون غیرخطی چند متغیره

ضرایب	مقدار ضریب	مقدار t	Sig.
عدد ثابت	۲۳/۸۷۱	۵/۱۵۲	۰/۰۰۱
ضریب شوری	-۳/۵۴۶	-۰/۶۷۴	۰/۵۱۹
ضریب عمق	-۰/۹	-۱/۵۷	۰/۱۵۵
ضریب پوشش (مالچ)	-۵/۲۷۳	-۳/۰۵۳	۰/۰۱۶

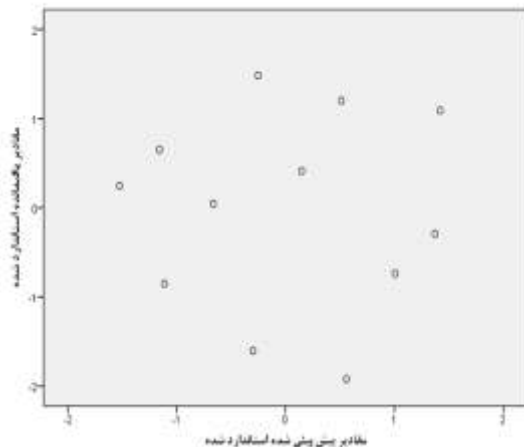
در مرحله بعد رگرسیون‌های غیرخطی چند متغیره نیز بررسی شد که بهترین معادله به صورت زیر به دست آمد:

(رابطه ۵)

$$q = 23.871 - 3.546\left(\frac{1}{EC}\right) - 0.9(D) - 5.273(M)$$

$$r^2 = 0.605$$

ضریب تبیین به دست آمده با کمیت 0.605 ، تفاوتی با مدل رگرسیون خطی نداشت. اما به دلیل سادگی این مدل و در ادامه، رگرسیون آن از نظر آماری مورد بررسی قرار گرفت که در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). برای اطمینان بیشتر از مدل، ضرایب به دست آمده نیز از نظر معنی‌داری مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۷).



شکل ۲. پراکنش مقادیر باقیمانده استاندارد در برابر مقادیر پیش‌بینی شده استاندارد

از سویی، تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر متقابل عمق و شوری آب زیرزمینی بر میزان سهم آب زیرزمینی، در سطح معنی‌داری بالاتر از پنج (یعنی هشت درصد) معنی‌دار است (جدول ۴)، بنابراین، تأثیر متقابل این دو عامل با ضرب آن‌ها در یکدیگر در نظر گرفته شده و همه ۱۱ معادله بیان شده در بالا، بین این عامل جدید و درصد سهم آب زیرزمینی، برای دو حالت بدون پوشش و با پوشش برازش داده شد. نتایج نشان داد که برای هر دو حالت با و بدون پوشش سطحی خاک، معادله درجه سه (معادلات ۶ و ۷) بالاترین ضریب تعیین را داراست.

$$q = 21.253 - 0.96(X) - 1.158 \times 10^{-7}(X^3) \quad (6)$$

$$r^2 = 0.76 \quad (\text{with mulch})$$

$$q = 17.618 - 0.28(X) + 8.76 \times 10^{-5}(X^2) - 6.176 \times 10^{-5}(X^3) \quad (7)$$

$$r^2 = 0.94 \quad (\text{without mulch})$$

که در آن‌ها: $X = EC \times D$ ، $q =$ درصد سهم آب زیرزمینی، $EC =$ شوری آب زیرزمینی (dS/m) و $D =$ عمق آب زیرزمینی (cm).

سپس برای اطمینان از صحت مدل، دو معادله فوق تجزیه و تحلیل آماری شدند (جدول ۸ و ۹).

با توجه به جداول فوق می‌توان مطرح کرد که مدل حاصله برای حالت بدون مالچ با احتمال ۹۰ درصد و برای حالت با مالچ با احتمال ۶۵ درصد صحیح است. خطای استاندارد برآورد در دو حالت بدون و باوجود مالچ به ترتیب ۱/۲۹۸ و ۲/۳۰۱ است.

نتایج نشان داد که ضریب ثابت و ضریب مالچ با احتمال ۹۹ درصد، ضریب عمق با احتمال ۸۵ درصد و ضریب شوری با احتمال ۵۰ درصد صحیح است. برای پذیرش مدل باید مقادیر باقیمانده استاندارد شده بین ۲ و -۲ باشد. لذا نمودار مقادیر باقیمانده استاندارد شده در برابر مقادیر برآورد شده استاندارد شده رسم شد (شکل ۲). همان‌گونه که در شکل (۲) مشخص است مقادیر برآورد شده و باقیمانده استاندارد شده پراکنش بسیار خوبی را اطراف خط باقیمانده صفر نشان می‌دهند که بیانگر صحت مدل است.

Yang et al. (2011) رابطه‌ای نمایی را بین صعود آب زیرزمینی و عمق آب زیرزمینی، مناسب تشخیص دادند. اما Grismer & Gates (1988) و Sepaskhah et al. (2003) رابطه خطی را برای برآورد درصد سهم آب زیرزمینی، با توجه به عمق آب زیرزمینی به کار بردند. Liu & Luo (2011) رابطه خطی بین تبخیر و تعرق محصول و سطح ایستایی را با $r^2 = 0.76$ به دست آوردند.

در مطالعه‌های بالا، پژوهشگران مختلف ضریب عمق آب زیرزمینی را مانند یافته این پژوهش، منفی به دست آوردند که بیانگر کاهش سهم آب زیرزمینی با افزایش عمق سطح ایستایی است.

Grismer & Gates (1988) در محدوده شوری ۲۷-۳ دسی‌زیمنس بر متر نتوانستند تأثیر مشخص شوری بر سهم آب زیرزمینی را برای محصول پنبه بیانند. اما Sepaskhah & Karimi-Goghari (2005) رابطه‌ای خطی بین شوری، عمق آب زیرزمینی و درصد سهم آب زیرزمینی را برای نهال پسته و در خاک سیلنتی لوم، در دو حالت آبیاری و عدم آبیاری به دست آوردند. همچنین، معادله خطی برای محصول پنبه، بین شوری و عمق آب زیرزمینی با درصد سهم آب زیرزمینی حاصل شد (Sepaskhah & Karimi-Goghari, 2005). در هر سه این معادلات برای پسته و پنبه، ضریب EC منفی است که نشان‌دهنده کاهش سهم با افزایش شوری است. البته این کاهش معنی‌دار نبود. اما در مورد خرما، این ضریب مثبت بود که بیانگر افزایش سهم با افزایش شوری است، هرچند که این افزایش بسیار جزئی بود (ضریب ۰/۱۳۵). سهم آب زیرزمینی علاوه بر خصوصیات خاک و شرایط آب و هوایی، به نحوه توزیع سیستم ریشه گیاه، میزان تحمل به شوری و مکانیسم‌های گیاه در برابر تنش شوری نیز بستگی دارد. با توجه به مقدار تحمل شوری خرما و مکانیسم تحمل گیاه، این مقدار قابل قبول است.

حفظ رطوبت خاک و نیاز کمتر به آب، سهم آب زیرزمینی نیز کمتر بود. برای مدیریت بهتر مزرعه می‌توان میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی نهال خرما را بر اساس عمق و شوری آب زیرزمینی و با استفاده از روابط ریاضی برآورد نمود. مدل مناسب برای این برآورد، با در نظر گرفتن هر سه فاکتور، مدل رگرسیون خطی چند متغیره با $r^2=0/6$ به دست آمد. تأثیر متقابل شوری و عمق آب زیرزمینی، با ضرب آن‌ها در یکدیگر در نظر گرفته شد. با لحاظ نمودن عامل جدید (ضرب دو عامل شوری و عمق آب زیرزمینی)، برای هر دو حالت با و بدون پوشش سطحی خاک، معادله درجه سه، بالاترین ضریب تبیین را به ترتیب برابر $0/76$ و $0/94$ داشت.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله تشکر ویژه خود را از قطب علمی آبیاری و زهکشی در دانشگاه شهید چمران اهواز برای حمایت‌های مالی این پژوهش اعلام می‌دارند. همچنین، از پژوهشگران پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری کشور برای همکاری در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

REFERENCES

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56.
- Alharbi, A. (2015). Effect of mulch on soil properties under organic farming conditions in center of Saudi Arabia. *Journal of American Science*, 11(1), 108-115.
- Askri, B., Ahmed, A.T., Abichou, T. and R. Bouhlila. (2014). Effects of shallow water table, salinity and frequency of irrigation water on the date palm water use. *Journal of Hydrology*, 513, 81-90.
- Anonymous. (2007). Evaluation of date residues as mulch. UAE. Environmental & Agricultural Information Center. <http://www.uae.gov.ae/uaeagricent>
- Ayars, J.E., Hutmacher, R.B., Schoneman, R.A., Soppe, R.W.O., Vail, S.S. and F. Dale. (1999). Realizing the potential integrated irrigation and drainage water management for meeting crop water requirements in semi-arid and arid areas. *Irrig. Drain. Syst.* 13, 321-347.
- Battiliani, A., Anconelli, S. and G. Guidoboni. (2004). Water table level effect on the water balance and yield of two pear rootstock. IVth Is on Irrigation of Hort. Crops. Ed. R.L. Synder. Acta Hort-664, ISHS. 47-54.
- Ben Aïssa, L., Bouarfa, S. and A. Perrier. (2008). Utilisation de la mesure thermique du flux de sève pour l'évaluation de la transpiration d'un palmier dattier. *Economies d'eau en systèmes*

جدول ۸. تجزیه آماری مدل برای حالت بدون مالچ

مدل	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۳	۴۹/۶۷۳	۱۶/۵۵۸	۹/۸۲۳	۰/۰۹۴
باقیمانده	۲	۳/۳۷۱	۱/۶۸۶		
کل	۵	۵۳/۰۴۴			

جدول ۹. تجزیه آماری مدل برای حالت با مالچ

مدل	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۳	۳۴/۰۹۵	۱۱/۳۶۵	۲/۱۴۶	۰/۳۳۴
باقیمانده	۲	۱۰/۵۹۱	۵/۲۹۵		
کل	۵	۴۴/۶۸۶			

نتیجه‌گیری

آب زیرزمینی کم‌عمق شور می‌تواند با مدیریت صحیح و دقیق عملیات زراعی (مانند پوشش‌دهی خاک)، در تأمین نیاز آبی نهال خرما سهم داشته باشد. در هر دو عمق آب زیرزمینی ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متری، اثر پوشش خاک در تبخیر و تعرق خرما، میزان صعود آب زیرزمینی و رشد برگچه‌های نهال رقم برحی، با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است. در تیمارهای مالچ، در نتیجه

irrigués au Maghreb. Actes du quatrième atelier régional du projet Sirma.

- Bernstein, L. and Francios, L. E. (1973). Leaching requirement studies: sensitivity of alfalfa to salinity of irrigation and drainage waters. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 37, 931-943.
- Bingham, F. T. and Garber, M. J. (1970). Zonal salinization of the root system with NaCl and boron in relation to growth and water uptake of corn plants. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 34, 122-126.
- Boland, A.M., Yerie, P.H., Mitchell, P.D., Irvine, J.L. and N. Nardella. (1996). The effect of a saline and non-saline water table on peach tree water use, growth, productivity and ion uptake. *Aust. J. Agric. Res.* 47, 121-139
- Cooper, D.J., Sanderson, J.S., Stannard, D.I. and D.P. Groeneveld. (2006). Effects of long-term water table drawdown on evapotranspiration and vegetation in an arid region phreatophyte community. *Journal of Hydrology*, 325, 21-34.
- Daddi Bouhoun, M., Marlet, S., Brinis, L., Saker, M.L., Rabier, J. and M. Cote. (2011). A survey of the combined effects of waterlogging and salinity on fruit yield in the date palm groves of the Wargla basin, Algeria. *Fruits*. 66(1), 11-24.
- Elkhousmi, W., Hammani, A., Bouarfa, S., Kuper, M., Hassan, I., Umr G-eau, I. and C. Umr G-eau. (2015). Contribution of saline groundwater table to date palm water use in oases area. ICID. 26th ERC& 66th IEC.

- Hutmacher, R.B., Ayars, J.E., Vail, S.S., Bravo, A.D., Dettinger, D. and R.A. Schoneman. (1996). Uptake of shallow groundwater by cotton: growth stage, groundwater salinity effects in column lysimeters. *Agric. Water Manag.* 31, 205–223.
- Kahlowan, M. A., Ashraf, M. and Zia-ul-Haq. (2005). Effect of shallow groundwater table on crop water requirements and crop yields. *Agri. Wat. Manag.* 76, 24–35
- Kang, Sh., Zhang, F., Hu, X., Jerie, P. and L. Zhang. (2001). Effects of shallow water table on capillary contribution evapotranspiration, and crop coefficient of maize and winter wheat in a semi-arid region. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52(3), 317-327.
- Konukcu, F. and M. Sener. (2002). Prediction saline water table contribution to crop evapotranspiration. Proceeding international symposium on techniques to control salination for horticultural productivity (Eds. U. Aksoy et al.). *Acta Hort.* 573, 211-217.
- Liu, T. and Y. Luo. (2011). Effects of shallow water tables on the water use and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under rain-fed condition. *Australian Journal of Crop Science.* 5(13), 1692-1697.
- Moor R.D. (2004). Construction of a Mariotte bottle for constant rate tracer injection into small streams. *Streamline Watershed Management Bulletin*, 8(1):15-16.
- Noori, H. (2006) Groundwater irrigation and water table depth effect on alfalfa yield and reduce nitrate in drainage water at Karaj climate. Ms. Thesis. Tehran University (at pension).
- Grismer, M.E., and T.K. Gates. (1988). Estimating saline water table contribution to crop water use. *Calif. Agric.* 42, 3–24.
- Rhoades, J.D., Kandiah, A. and A. M. Mashali. (1992). The use of saline waters for crop production. FAO. Irrigation and Drainage. Paper48. Rome.
- Ramoilya, P.J. and A.N.D. Pandey (2003) Soil salinity and water status effect growth of *Phoenix dactylifera* seedlings. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science.* 31, 345-353.
- Sepaskhah, A.R., Kanooni, A. and M.M. Ghasemi (2003). Estimating water table contributions to corn and sorghum water use. *Agric. water manag.* 58, 67-79.
- Sepaskhah, A.R. and Sh. Karimi-Goghari (2005). Shallow groundwater contribution to pistachio water use. *Agric. water manag.* 72, 69-80.
- Shalhevent, J. and Bernstein, L. (1968). Effects of vertically heterogeneous soil salinity on plant growth and water uptake. *Soil Sci.* 106: 85-93.
- Villalobos, A., Ortiz, R.A., Echandi, C. and H. Le. Mulch (2004). Antitranspirant application for water conservation in oil palm plantations in Costa Rica. ASD oil palm papers, number 6(199). 6 pp.
- Yang, J., Li, B. and L. Shiping. (2000). A large weighing lysimeter for evapotranspiration and soil-water-groundwater exchange studies. *Hydrological Processes.* 14(10), 1887-1897.
- Yang, F., Zhang, G., Yin, X., Liu, Zh. and Zh. Huang. (2011). Study on capillary rise from shallow groundwater and critical water table depth of a saline-sodic soil in western Songnen plain of China. *Environ Earth Sci.* DOI 10.1007/s12665-011-1038-4.
- Zeineldin, F.I. and Y.J. Aldakheel. (2010). Evaluation contribution of ground shallow water table to irrigation of date palm trees under irrigation reduction in Saudi Arabia. International conferences on chemistry and chemical engineering (ICCCE). 1-3 Aug.