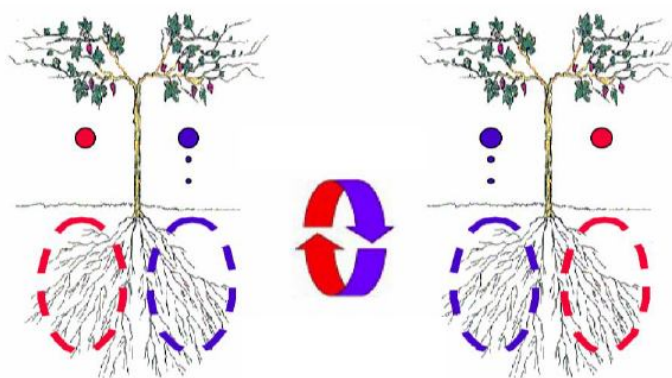


باسمه تعالی

کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه، راهکاری به منظور افزایش کارایی مصرف آب در باغات



محمدرضا امداد

استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب

1396

مشخصات نشریه

عنوان: کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه، راهکاری به منظور افزایش کارایی مصرف آب در باغات

نگارنده: محمدرضا امداد

ناشر: مؤسسه تحقیقات خاک و آب

سال انتشار: 1396

ویراستار: آقای دکتر حمید قیومی محمدی

کارشناس انتشارات: زهرا محمدی

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این نشریه با شماره 52583 در تاریخ 96/8/30 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

کمبود آب مهمترین عامل محدودکننده تولیدات زراعی و باغی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران است. آب و خاک به عنوان مهمترین منابع تولید در بخش کشاورزی محسوب می‌شود و در کشوری مانند ایران که با کمبود آب مواجه است، بدون شک اصلاح الگوی مصرف و استفاده بهینه از این منابع می‌تواند موجب افزایش تولید و کاهش ضایعات و تلفات شود.

نگاهی به موقعیت اقلیمی کشور بیانگر این است که کشور ما به لحاظ برخورداری از منابع آب در شرایط مناسبی قرار ندارد و جزو کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. متوسط بارندگی در کشور حدود 230 میلیمتر، در صورتی که میانگین بارندگی در جهان حدود 860 میلیمتر است، به عبارت دیگر میانگین بارندگی کشور کمتر از یک سوم بارندگی جهان است. همچنین توزیع زمانی و مکانی بارندگی نیز در سطح کشور نامناسب است (امیری و اسلامیان، 2010).

در مناطق خشک، آب یک فاکتور محدودکننده در گسترش کشاورزی و افزایش تولیدات آن است. حدود 90 درصد از تولیدات محصولات زراعی و باغی از اراضی آبی بدست می‌آید. با توجه به این که کشور ایران در یک منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده و احتمال وقوع خشکسالی‌ها در آن فراوان است، لذا اجرای راهکارهای مدیریتی آبیاری، به منظور بهره‌وری بیشتر از منابع محدود آب، راهکاری علمی به منظور کاهش مصرف آب می‌باشد.

در این راستا با توجه به این که باغات با بروز خشکسالی و محدودیت آب، دچار صدمات جبران ناپذیری نسبت به محصولات زراعی یک‌ساله می‌گردند، لذا بایستی راهکارهای مناسبی را اتخاذ نمود که در مواجهه با خشکسالی و محدودیت آب بکار گرفته شود. بنابراین استفاده از مدیریت‌هایی که بتوان بدون کاهش و یا با کاهش اندکی در تولید، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی بویژه در شرایط محدودیت آب را کاهش داد اجتناب ناپذیر است. یکی از این روش‌ها، مدیریت کم‌آبیاری و از جمله، مدیریت کم‌آبیاری خشکی موضعی

ریشه می‌باشد. در این نشریه ابتدا مدیریت کم‌آبیاری تشریح و سپس به مدیریت کم‌آبیاری خشکی موضعی ریشه و تاثیر مثبت آن بر عملکرد برخی تولیدات باغی و زراعی در شرایط محدودیت آب اشاره می‌گردد.

کم‌آبیاری: طبق تعریف ساده، کم‌آبیاری عبارتست از استفاده بهتر و بیشتر و یا حداکثر از واحد آب در تولید محصولات کشاورزی. به عبارت دیگر کم‌آبیاری عبارتست از مصرف آگاهانه و کمتر آب به منظور تولید محصولات کشاورزی.

از نکات مثبت کم‌آبیاری می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- افزایش کارایی مصرف آب به علت مصرف کمتر آب

- کاهش هزینه‌های جاری آبیاری و آب بها

- افزایش سطح زیر کشت آبی با آب مازاد

چون در کم‌آبیاری، هدف مصرف کمتر آب است، لذا بسته به شرایط موجود، مصرف کمتر آب به یکی از نتایج زیر منجر می‌شود:

- عملکرد در کل سطح بیشتر و یا در صورت بهینه‌سازی حداکثر می‌شود.

- درآمد خالص در کل سطح بیشتر می‌شود.

- عملکرد به ازای واحد حجم آب مصرفی بیشتر می‌شود.

مثال ذیل می‌تواند روشنگر موضوع باشد:

فرض کنیم با انجام آبیاری کامل بتوانیم 80 تن در هکتار و با انجام آبیاری با نصف این مقدار آب (کم

آبیاری) 50 تن در هکتار محصول برداشت کنیم. اگر دو هکتار زمین را با نصف آب کامل تحت کشت ببریم 100

تن محصول برداشت خواهیم کرد که در این حالت (کم‌آبیاری)، نسبت به حالت اول (آبیاری کامل)، 20 تن

اضافه عملکرد خواهیم داشت، لذا عملکرد به ازای واحد آب مصرفی افزایش می‌یابد که همانا مفهوم کم‌آبیاری

است. از نظر سود خالص نیز فرض کنیم از 20 تن اضافه عملکرد، ده تن آن هزینه‌های مربوط به افزایش سطح

کشت (از یک هکتار به دو هکتار) را بپوشاند که در این صورت باز هم در حالت کم آبیاری، سود خالص حاصل از کم آبیاری افزایش می‌یابد.

• مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه (Partial Root-zone Drying)

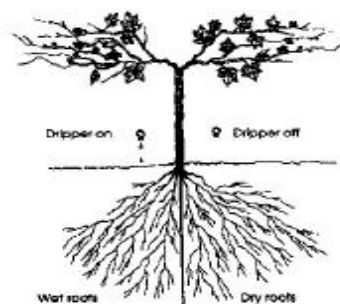
مدیریت خشکی موضعی ریشه یک روش نسبتاً جدید کم آبیاری است که ضمن کاهش مصرف آب، کاهش معنی‌داری را در خواص کمی و کیفی محصول پدید نمی‌آورد.

روش کم آبیاری خشکی موضعی ریشه (خیس و خشک شدن متناوب ریشه) از طریق مکانیسم‌های فیزیولوژی، گیاه را تحریک نموده تا در شرایط تنش خشکی از خود مقاومت بیشتری نشان دهد که این واکنش می‌تواند باعث کاهش مصرف آب و حفظ کیفیت میوه در شرایط تنش آبی باشد. مدیریت آبیاری با روش خشکی موضعی ریشه، مکانیسم‌های کنترل تعرق گیاه را فعال و سبب افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد. در این مدیریت بخشی از ریشه گیاه، به تناوب خیس و خشک شده و به تناوب یک سمت درختان آبیاری می‌شود و عمدتاً در باغات مورد استفاده واقع می‌شود. به عبارت دیگر خشکی موضعی ریشه یک نوع مدیریت کم آبیاری بوده که در این مدیریت آبیاری، نیمی از ریشه گیاه آبیاری شده درحالی‌که نیمی دیگر خشک می‌ماند. در نوبت های بعدی آبیاری، بخش های تر و خشک ریشه در تناوب قرار گرفته و جابجا می‌شوند. افزایش غلظت اسید ابسیک در جریان شیرخامی که از ریشه‌های سمت آبیاری نشده درخت (قسمت های آبیاری نشده) به سوی برگ ها حرکت می‌کنند، سبب بسته شدن نسبی روزنه‌ها می‌گردد. از آنجا که در این روش، نیمی از ریشه‌ها دچار تنش آبی نیستند، معمولاً بسته شدن نسبی روزنه‌ها سبب کاهش تعرق شده که این واکنش منجر به کاهش مصرف آب (بدون کاهش معنی دار در عملکرد کمی و کیفی) می‌شود. شایان ذکر است که نظر به خیس و خشک شدن متوالی نیمی از ریشه‌ها در مدیریت خشکی موضعی ریشه، فعالیت و رشد ریشه‌ها نیز نسبت به سایر مدیریت‌های کم آبیاری دیگر بیشتر می‌باشد. همچنین این مدیریت آبیاری تاثیر قابل توجهی بر کاهش

علف‌های هرز بین ردیف‌های خشک داشته و باعث کاهش و از بین رفتن علف‌های هرز بین ردیف‌های گیاهان نیز می‌گردد.

مدیریت کم‌آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه، قابل پیاده‌سازی در شرایط سیستم‌های آبیاری سطحی و تحت فشار قطره‌ای می‌باشد. با ایجاد دو جویچه در طرفین گیاه در آبیاری سطحی یا دو خط لوله آبدار در دو سمت گیاه در آبیاری قطره‌ای امکان اعمال این مدیریت فراهم می‌گردد. همچنین در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای که آرایش قطره‌چکان‌ها به صورت دو خطی در نظر گرفته شده باشد با بسته و باز شدن جریان آب در لوله‌های آبدار در هر سمت گیاه، اعمال این مدیریت آبیاری میسر خواهد بود. با عنایت به راندمان کم آبیاری در روش‌های سطحی، استفاده از این مدیریت در سیستم‌های آبیاری تحت فشار قطره‌ای از عمومیت بیشتری برخوردار است. ضمن این که استفاده از این مدیریت در آبیاری سطحی نیز موجب کاهش مصرف آب نسبت به شرایط معمول (حداقل به میزان 20 درصد) می‌گردد.

با عنایت به این که مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه، یکی از راهکارهای کاهش مصرف آب در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد و در سایر کشورها نیز مورد آزمون قرار گرفته و اثرات مثبت آن مشهود می‌باشد، لذا می‌توان با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی، خاک و گیاه از آن استفاده نمود.



شکل 1- مدیریت آبیاری خشکی موضعی ریشه

به طور کلی در تحقیقات انجام گرفته گزارش گردیده است که استفاده از این مدیریت برای درختان گیلاس، هلو، سیب، گلابی، پرتقال و انگور موجب کاهش مصرف آب به میزان 30 تا 50 درصد و افزایش کارایی مصرف

آب گردیده است که در ذیل به نتایج برخی پژوهش های انجام گرفته در این خصوص به طور مختصر اشاره می-گردد.

• نتایج برخی پژوهش های انجام شده در خصوص مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه

پژوهش های متنوعی در اعمال مدیریت خشکی موضعی ریشه بر درختان انگور انجام شده است که همگی حاکی از مؤثر بودن این مدیریت در کاهش مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آن می باشد. تاثیر معنی داری بر عملکرد کمی و کیفی و رشد انگور در استفاده از این مدیریت با روش معمول مدیریت آبیاری دیده نشده است. این که مدیریت مزبور در محصولات مختلف موجب افزایش کارایی مصرف آب در حدود 40 درصد گردیده است. غالب نتایج پژوهش های انجام گرفته در باغات انگور بیانگر این موضوع بوده که مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه، بدون کاهش عملکرد موجب بهبود کیفیت میوه انگور نیز شده است (لوپز و همکاران، 2000). استول و همکاران (2000) اظهار نمود که مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه، مدیریت آبیاری نسبتاً نوبنی می باشد که بدون این که کاهش معنی داری در تولید ایجاد شود موجب افزایش کارایی مصرف آب تا 50 درصد در باغات انگور شده است. رضوی و همکاران (1392) گزارش کردند در سال های اخیر مشکل کمبود آب، عملکرد باغات انگور ارومیه تحت تاثیر قرار گرفته، بنابراین استفاده از راهکارهایی که بتواند ضمن کاهش مصرف آب، عملکرد قابل قبولی را نیز حاصل نماید کارساز و مفید خواهد بود. وی گزارش نمود که استفاده از مدیریت آبیاری خشکی موضعی ریشه (با مدیریت آبیاری بر اساس 75 درصد نیاز آبی) موجب افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب انگور گردیده است. متوسط حجم آب مصرفی در مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه 4169 مترمکعب در هکتار بوده که نسبت به مدیریت آبیاری کامل به میزان حدود 21 درصد در مصرف آب صرفه جویی شده است. متوسط عملکرد انگور در مدیریت آبیاری خشکی موضعی ریشه حدود 15/7 تن در هکتار و با کارایی مصرف آب حدود 3/8 کیلوگرم بر مترمکعب گزارش گردیده است (رضوی و همکاران، 1392).

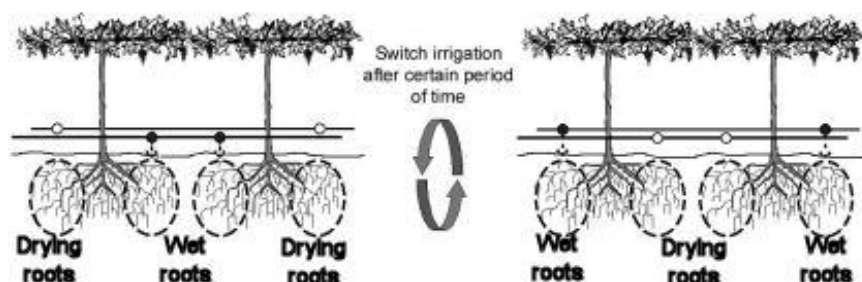
هاتون و لویز (2011) تاثیر مدیریت کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه را بر حجم آب مصرفی و عملکرد پرتقال ناول بررسی نمودند. آن‌ها گزارش کردند که حجم آب مصرفی پرتقال در آبیاری قطره‌ای به روش معمول حدود 4800 مترمکعب در هکتار بوده که در صورت اعمال مدیریت آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه، حجم آب مصرفی به 2900 مترمکعب در هکتار کاهش می‌یابد (40 درصد کاهش). همچنین تغییرات معنی‌داری در تعداد میوه برای هر درخت در مدیریت آبیاری خشکی موضعی ریشه با روش معمول مشاهده نگردید (متوسط تعداد میوه هر درخت 650 عدد). از طرف دیگر وزن کل میوه هر درخت در مدیریت آبیاری خشکی موضعی ریشه حدود 70 کیلوگرم و در مدیریت آبیاری معمول 80 کیلوگرم گزارش شد. شایان ذکر است که کارایی مصرف آب پرتقال در مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه $5/4$ کیلوگرم بر مترمکعب بوده که 44 درصد نسبت به کارایی مصرف آب در شرایط معمولی آبیاری در روش قطره‌ای بیشتر است. شهبایان (1393) گزارش داد که متوسط عملکرد پرتقال در مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه بر اساس 75 درصد نیاز آبی (24/1 تن در هکتار) اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری کامل نداشته، ضمن این که با کاهش مصرف آب در حدود 25 درصد، کارایی مصرف آب در تیمار خشکی موضعی ریشه ($7/6$ کیلوگرم بر مترمکعب) به میزان 10 درصد نسبت به تیمار بدون تنش ($6/9$ کیلوگرم بر مترمکعب) افزایش یافته است.

کنگ و همکاران (2002)، مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه را در گلابی بررسی نمودند. روش خشکی موضعی ریشه با 23 درصد کاهش در مصرف آب، موجب افزایش کارایی مصرف آب ($18/6$ کیلوگرم بر مترمکعب) در حدود 12 درصد نسبت به تیمار بدون تنش گردید. تدین (1395) تاثیر مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه را بر عملکرد انار بررسی و گزارش نمود که حداکثر عملکرد انار در ارسنجان فارس با مدیریت آبیاری قطره‌ای به شیوه خشکی موضعی ریشه حدود $124/7$ کیلوگرم برای هر درخت حاصل گردیده و مقدار آب مصرفی در این مدیریت به میزان 45 درصد نسبت به آبیاری غرقابی معمول منطقه کاهش داشته است. همچنین گلدهم و همکاران (2002) کاربرد دو مدیریت آبیاری بصورت خشکی موضعی ریشه و آبیاری کامل بر عملکرد، متوسط وزن میوه و تعداد میوه درختان هلو را بررسی کردند (جدول 1).

جدول 1- مقایسه عملکرد، متوسط وزن میوه و تعداد میوه درختان هلو با دو مدیریت آبیاری

تعداد میوه در هر درخت	متوسط وزن میوه (گرم)	عملکرد (کیلوگرم برای هر درخت)	مدیریت آبیاری
1321	184	237	روش خشکی موضعی ریشه
1232	200	244	روش معمولی

همان گونه که از جدول 1 ملاحظه می‌گردد تغییرات معنی‌داری در عملکرد، متوسط وزن میوه و تعداد میوه هلو در هر درخت ملاحظه نمی‌گردد. متوسط عمق آب مصرفی در تیمار خشکی موضعی ریشه در درختان هلو 766 میلیمتر، در حالی که در آبیاری کامل حدود 1016 میلیمتر بوده است. مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه با کاهش 25 درصد مصرف آب، کاهش معنی‌داری در عملکرد میوه هلو نسبت به آبیاری کامل نداشته است.



شکل 2- خیس و خشک شدن متناوب نیمی از ریشه‌ها با اعمال مدیریت خشکی موضعی ریشه

کمپوس و همکاران (2009) مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه را برای گوجه‌فرنگی با روش آبیاری قطره‌ای اعمال و گزارش کردند که این مدیریت ضمن کاهش مصرف آب به اندازه 46 درصد، به طور متوسط موجب افزایش کارایی مصرف آب به اندازه 29 درصد نسبت به آبیاری معمول گردیده است. زگی و همکاران (2004) گزارش نمودند که عملکرد گوجه‌فرنگی در مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه، تفاوت معنی‌داری با آبیاری کامل نداشته و با این مدیریت به میزان 50 درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شده است.

صرف نظر از روش آبیاری، مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه، ضمن کاهش حجم آب مصرفی راهکاری مناسب به منظور ارتقای کارایی مصرف آب در گوجه‌فرنگی در مناطق خشک و نیمه خشک گزارش شده است.

سدراس (2009) به طور کلی در خصوص مقایسه مدیریت کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه با مدیریت‌های معمول کم آبیاری اظهار داشت که مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه، کارایی مصرف آب را تا 82 درصد افزایش می‌دهد که این افزایش موجب کاهش مصرف آب قابل توجهی نسبت به روش‌های معمول و متداول آبیاری شده است. بنابراین در مناطق خشک و نیمه خشک که منابع آب عامل محدودکننده می‌باشد این مدیریت کم آبیاری موجب کاهش و صرفه جویی در مصرف آب خصوصا در باغات (بدون کاهش معنی‌داری در تولید) می‌گردد. همچنین گزارش نمودند که جذب مواد غذایی در گیاهانی که تحت تاثیر مدیریت کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه قرار گرفته‌اند نسبت به سایر مدیریت‌های کم آبیاری دیگر بیشتر بوده است .

لیب و همکاران (2006) هیچ اختلاف معنی‌داری بین وزن میوه هر درخت سیب در مدیریت آبیاری معمول و مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه مشاهده نکردند. وزن کل میوه سیب در تیمار کم آبیاری خشکی موضعی ریشه 48 کیلوگرم برای هر درخت بوده که اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری کامل نداشت. همچنین متوسط وزن میوه در تیمار آبیاری کامل و خشکی موضعی ریشه به ترتیب 230 و 220 گرم برای هر درخت بدست آمد، ضمن این که حجم آب در مدیریت کم آبیاری خشکی موضعی ریشه به میزان حدود 45 درصد نسبت به آبیاری کامل (707 میلیمتر) کاهش داشته است. نظر به این که مدیریت کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه یکی از انواع مدیریت‌های کم آبیاری می‌باشد ولی نتایج عملی و کاربردی این مدیریت نشان داده است که عملکرد گیاهان در این مدیریت نسبت به مدیریت کم آبیاری معمول (در شرایطی که از حجم آب مساوی استفاده شده باشد) بهتر و ضمن افزایش کارایی مصرف آب، میوه‌ها نیز در مدیریت خشکی موضعی ریشه از کیفیت بهتری نسبت به سایر مدیریت‌های کم آبیاری دیگر برخوردارند (لیب و همکاران، 2006).

کاسپاری و همکاران (2004) تاثیر کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه را بر دو رقم سیب گالا و فوجی در

نیوزلند بررسی و گزارش نمود که این مدیریت کم آبیاری موجب کاهش 30 تا 50 درصدی مصرف آب شده ضمن این که آسیبی به اندازه، عملکرد و کیفیت میوه سیب وارد نکرده است.

در دهه اخیر، دانشمندان جهان این مدیریت کم آبیاری را خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک به منظور افزایش کارایی مصرف آب بر گیاهان زراعی و باغی مورد آزمون و ارزیابی قرار دادند. نتایج اغلب پژوهشگران بیانگر این موضوع است که مدیریت کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه راهکاری مناسب به منظور افزایش کارایی مصرف آب در مناطقی است که با محدودیت منابع آب مواجه می باشند.

پیشنهاد

با توجه به این که قسمت عمده آب قابل استحصال کشور در بخش کشاورزی مصرف می شود، چنانچه با استفاده از مدیریت های کنترل شده علمی بتوان بدون کاهش معنی داری در تولید در مصرف آب صرفه جویی کرد، امکان تعدیل و کنترل بحران های ناشی از خشکسالی میسر می باشد. در این ارتباط مدیریت کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه یک مدیریت مناسب و کارا به منظور ارتقاء کارایی مصرف آب در باغات بوده که می تواند باعث کاهش مصرف آب و حفظ کیفیت میوه در شرایط محدودیت آب در باغات باشد.

منابع

- 1- تدین، محمدسعید، 1395. بررسی عکس العمل کمی و کیفی انار به مدیریت آبیاری خشکی موضعی ریشه در منطقه ارسنجان. گزارش نهایی طرح پژوهشی، نشریه شماره 50043، مؤسسه پژوهش های خاک و آب، کرج.
- 2- شهابیان، مهرداد، 1393. بررسی واکنش درختان پرتقال در مقابل روش کم آبیاری خشکی موضعی ریشه گاه. گزارش نهایی طرح پژوهشی، نشریه شماره 1867، مؤسسه پژوهش های خاک و آب، کرج. ایران.
- 3- رضوی، رقیه. امداد، محمدرضا. شایسته، فرخ غنی و عزیز مجیدی، 1392. تاثیر مدیریت کم آبیاری به شیوه خشکی موضعی ریشه بر عملکرد کمی و کیفی انگور، سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، 8 تا 10 بهمن 1392. دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.

- 4- Amiri, M.J. and S.S. Eslamian. 2010. Estimation of climate change in Iran. *Journal of Environmental Science and Technology* 3(4): 208-216.
- 5- Campos, H., C. Trejo, C. B. Pena- Valdivia, C. Ramirez- Ayala and P. Sanchez- Garcia .2009. Effect of partial rootzone drying on growth, gas exchange, and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulture* 120, 493-499.
- 6- Caspari, H.W., S. Neal and P. Alspach. 2004. Partial rootzone drying . A new Deficit irrigation strategy for apple? *International Symposium on Irrigation and Water Relations in Grapevine and Fruit Trees. ISHS Acta Horticulturae* 646, (Abstract).
- 7- Goldhamer, D.A., M. Salinas, C. Crisosto, K. R. Day, M. Soler and A. Moriana. 2002. Effects of regulated deficit irrigation and partial root zone drying on late harvest peach tree performance. *Acta Hort* 592: 345–350
- 8- Hutton, R.J and B.R. Loveys. 2011. A partial root zone drying irrigation strategy for citrus-effects on water use efficiency and fruit characteristics. *Agricultural Water management* 98: 1485-1496.
- 9- Kang, S., X. Hu, I. Goodwin and P. Jerie. 2002. Soil water distribution, water use, and yield response to partial root zone drying under a shallow groundwater table condition in a pear orchard. *Scientia Horticulture* 92: 277-291.
- 10- Leib, B., G. Caspari., H. Redulla.,A. Andrews and J. Jabro. 2006. Partial rootzone drying and deficit irrigation of Fuji apples in a semi-arid climate 24:85-99.
- 11- Loveys, B., R. Stoll., M. Dry., P. McCarthy 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. *Acta Horticulture*, 537: 187-197.
- 12- Sadras, V.O. 2009. Does partial rootzone drying improve irrigation water productivity in the field? A meta-analysis. *Irrig. Sci*, Vol 27(3):183-190.

13- Stoll, Manfred., B. Loveys and P. Dry. 2000. Hormonal changes induced by partial root zone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany*, Vol 51(350):1627-1634.

14- Zegbe, J., M. Behboudian and E. Clothier. 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. *Agricultural Water management* 68:195-206.