

مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته

ناصر صدقاتی^{*۱} - سید جواد حسینی فرد^۲ - اکبر محمدی محمدآبادی^۳

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۵

چکیده

برداشت بی رویه از منابع آب کشاورزی در استان کرمان، باعث شده تا سالانه بطور متوسط حدود ۱ متر افت سطح آب زیرزمینی را در این مناطق داشته باشیم. راندمان آبیاری سطحی در باغ‌های پسته، به دلیل خصوصیات ذاتی این روش آبیاری و نیز به کارگیری غیر صحیح آن، پائین می باشد. در شرایط بحرانی کنونی توسعه اصولی سیستم های آبیاری تحت فشار تاثیرات بسزایی در بالا بردن راندمان کاربرد آب در باغ های پسته این منطقه دارد. لذا در این تحقیق دو سیستم آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی (با دو عمق نصب ۳۰ و ۵۰ سانتیمتر) با سه تیمار آبیاری به میزان ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی درختان پسته در روش آبیاری سطحی، به مدت ۴ سال مورد مطالعه قرار گرفت. صفات رویشی و زایشی درختان، صفات کمی و کیفی محصول، کارایی مصرف آب و چگونگی توزیع رطوبت و همچنین شوری در محدوده ریشه درختان، از مهمترین فاکتورهای مورد اندازه گیری بودند. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، عمق نصب ۳۰ سانتیمتر، بهترین وضعیت را داشت. بین سیستمهای آبیاری، مقادیر ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، اختلاف معنی داری نداشتند این در حالی است که مقدار آب بکاررفته به میزان ۴۰ درصد نیاز آبی، بر روی اغلب فاکتورهای مورد ارزیابی اثرات منفی معنی داری، نشان داد. بنابراین آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر و میزان آب ۶۰ درصد نیاز آبی در روش آبیاری سطحی، با کارایی مصرف آب ۰/۲۹۰ کیلوگرم محصول خشک در هر متر مکعب آب مصرفی و ۲۵ درصد صرفه جویی در مصرف آب نسبت به روش آبیاری قطره ای سطحی، بهترین تیمار شناخته شد و قابل توصیه است.

واژه های کلیدی: آبیاری قطره ای زیرسطحی، پسته، شوری، کارایی مصرف آب

مقدمه

آبیاری قطره ای سطحی^۴ و زیرسطحی^۵ از مهمترین این سیستم ها می باشند. به دلیل شرایط اقلیمی منطقه و تابش شدید آفتاب، در روش آبیاری سطحی، تلفات تبخیر، بخش زیادی از آب داده شده به درختان را شامل می شود. به همین دلیل استفاده از سیستم های آبیاری قطره ای زیرسطحی به عنوان گزینه ای جهت رفع این مشکلات مطرح می باشد. از جمله محاسن این سیستم می توان به کارایی مصرف آب^۶ بالاتر، آلودگی کمتر آبهای زیرسطحی به دلیل آیشویی کمتر نیتراتها، کاهش خطرات شوری به دلیل نگهداری زیاد رطوبت خاک و دور آبیاری کوتاها، یکنواختی بهتر بخش آب، وضعیت بهتر گیاه از نظر رشد، افزایش کمی و کیفی محصول، کنترل بهتر بیماریها، مدیریت مناسب کودها و سموم، کنترل علفهای هرز،

با توجه به اینکه قسمت عمده آب استحصالی از منابع آبی کشور در بخش کشاورزی مصرف می گردد و همچنین کارایی مصرف آب در این بخش کمتر از ۴۰ درصد می باشد، استفاده بهینه از منابع آبی بعنوان محور اصلی توسعه کشاورزی بایستی مورد توجه قرار گیرد. راندمان آبیاری سطحی درختان پسته در مناطق پسته کاری ایران نیز به دلیل خصوصیات ذاتی روش و نیز به کارگیری غیر صحیح آن، پائین می باشد. لذا در شرایط بحرانی کنونی توسعه اصولی سیستمهای آبیاری تحت فشار قدم موثری در بالا بردن راندمان کاربرد آب در باغ های پسته منطقه به شمار می رود. سیستم های

4 - Drip Irrigation (DI)
5 - Subsurface Drip Irrigation (SDI)
6 - Water Use Efficiency (WUE)

۱ و ۲ - به ترتیب مربی پژوهش، استادیار پژوهش و مربی پژوهش بخش تحقیقات آبیاری و تغذیه مؤسسه تحقیقات پسته کشور
(* - نویسنده مسئول: (Email: nsedaghati2010@gmail.com)

سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی، حتی زمانی که از آبهای با شوری بالا استفاده می شود، باعث پایین نگه داشتن شوری در ناحیه ریشه گیاه می گردد (۱۳). نتایج ارزیابی مدل HYDRUS-2D، جهت شبیه سازی حرکت آب در خاک، در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی، در شرایط مزرعه و آزمایشگاه، تطابق بسیار خوبی را بین مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده، نشان داد (۹). در همین خصوص، از این مدل جهت شبیه سازی الگوی خیس شدگی خاک در سیستم های آبیاری قطره ای سطحی و زیر سطحی، برای طراحی و مدیریت آبیاری در شرایط مختلف استفاده شد، که بر این اساس، انتخاب ترکیبی از فاکتورهای دبی قطره چکان ها، فاصله آنها از یکدیگر، فشار ورودی و مدت آبیاری در شرایط مختلف خاک، گیاه و آب و هوا، جهت شناخت وضعیت الگوی خیس شدگی خاک، بسیار مهم است. ضمن اینکه توزیع آب در خاک، تحت تاثیر خصوصیات هیدرولیکی خاک، مقدار اولیه آب خاک، دبی قطره چکان ها، دور آبیاری، تبخیر و تعرق و خصوصیات ریشه گیاه، قرار دارد (۱۵). رومرو (۱۶) نیز اثر کم آبیاری تنظیم شده در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی را بر رشد و میزان محصول درختان بارور بادام در مدت ۴ سال در کشور اسپانیا بررسی کرده است. بر اساس نتایج این تحقیق، همبستگی نزدیکی بین مقدار آب کاربردی، پتانسیل آب در گیاه و پارامترهای ریشی درختان مشاهده شد. کم آبیاری تنظیم شده در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی باعث تحریک رشد عمیق تر ریشه ها (۸۰-۴۰ سانتیمتر) نسبت به آبیاری قطره ای سطحی (۴۰-۰ سانتیمتر) گردید. همچنین تراکم ریشه ها در تیمارهایی که کمترین میزان آب را دریافت کرده بودند، در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی بیشتر از آبیاری قطره ای سطحی بود. ادستورم و همکاران (۷)، به مدت ۱۰ سال، سه سیستم آبیاری قطره ای سطحی، زیرسطحی و میکروجت^۲ را بر روی درختان بارور بادام مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج این تحقیق، اگرچه سیستم میکروجت در بعضی از سال ها و روی تعدادی از ارقام تا حد ۱۰ درصد افزایش تولید را نشان داد، ولی در مجموع، بین این سه روش آبیاری، در میزان تولید محصول، تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در روش آبیاری قطره ای زیرسطحی، قطره چکان هایی که آغشته به سم تری فلورالین^۳ بودند، هیچگونه نفوذ ریشه به داخل آنها مشاهده نشد ولی در حالت بدون کاربرد سم، بعد از ۵ سال، گرفتگی قطره چکانها در اثر نفوذ ریشه به داخل آنها مشاهده گردید. در تحقیقی، اثر آبیاری قطره ای زیرسطحی و عمق نصب لوله ها را بر میزان آب خاک و رشد و تولید محصول درختان سیب در چین مورد بررسی قرار گرفت. در مقایسه با تیمار شاهد (کشت دیم و بدون آبیاری)، آبیاری قطره ای زیرسطحی با بهبود وضعیت آب خاک در

امکان خودکار کردن کامل سیستم، طول عمر بیشتر سیستم، کاهش خسارات ناشی از حیوانات و انعطاف پذیری زیاد سیستم اشاره کرد (۱۰). تغییر سیستم آبیاری از غرقابی به قطره ای زیر سطحی میزان آلودگی برگها را به بیماری لکه برگی آلترناریا^۱ در زمان برداشت محصول پسته، از ۵۵ درصد در روش آبیاری غرقابی به ۱۰ درصد در روش قطره ای زیرسطحی کاهش داد. ضمن اینکه با تغییر سیستم آبیاری میزان آلودگی میوه پسته نیز به نصف کاهش یافت (۸). نتایج کاربرد سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی بر روی بیش از ۳۰ نوع گیاه، افزایش محصول را نسبت به سایر روشهای آبیاری، از جمله آبیاری قطره ای سطحی به همراه داشته است. ضمن اینکه میزان آب کاربردی نیز کمتر بوده است (۶). در این تحقیق عمق کارگذاری لوله ها در مورد درختان میوه نظیر سیب، بین ۰/۳ تا ۰/۷ متر و فاصله لوله ها ۲ تا ۵ متر پیشنهاد شده است. کاربرد آبیاری قطره ای زیرسطحی در سه محصول سیب زمینی، گوجه فرنگی و بادمجان، منجر به افزایش معنی دار کارایی مصرف آب نسبت به آبیاری قطره ای سطحی گردیده است (۴). مقایسه دو سیستم آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی بر روی گیاه چغندر قند نیز نشان داده است که ضمن کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب در روش قطره ای زیرسطحی، میزان محصول و درصد قند آن نیز نسبت به روش قطره ای سطحی، بطور معنی داری افزایش می یابد (۱۷). تغییر سیستم آبیاری از روش سطحی به زیرسطحی (تراوا) بر روی درختان بارور پسته، امکان پذیر بوده و این روش آبیاری با میزان آب آبیاری ۶۰ درصد تبخیر از تشتک (۷۱۷۴ مترمکعب در هکتار سال) با دور آبیاری ۱۴ روزه، به عنوان بهترین تیمار در شرایط انجام این آزمایش، توصیه گردیده است (۳). در تحقیقی عملکرد آبیاری قطره ای زیرسطحی با فواصل مختلف نصب لوله های آبد به نسبت به درخت، با سیستم آبیاری قطره ای سطحی رایج، بر روی درختان جوان هلو و گلابی، مورد مقایسه قرار گرفته بود. در مورد درختان هلو بهترین فاصله ها جهت جلوگیری از نفوذ ریشه به داخل لوله ها، ۸۰ سانتیمتر تعیین شد. در مورد درختان گلابی این مشکل مشاهده نشد و بهترین فاصله لوله ها از درخت ۴۰ تا ۵۰ سانتیمتر تعیین شد (۵). در تحقیق دیگری، بیشترین عمق توسعه ریشه ذرت، در آبیاری قطره ای زیرسطحی و کمترین آن در آبیاری جویچه ای بوده است. همچنین ریشه های ذرت در آبیاری قطره ای زیرسطحی، بطور یکنواخت تری در لایه های خاک توزیع شدند (۱). آزمایشات مزرعه ای در یک باغ گلابی نشان داد که در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی با آب شور می توان محصول قابل قبولی بدست آورد. ضمن اینکه در این سیستم نسبت به آبیاری قطره ای سطحی رایج، توزیع رطوبت و شوری در خاک نیز، بهتر با الگوی توزیع ریشه همخوانی دارد (۱۴). آبیاری گیاهان دائمی با

2 - Micro-Jet

3 - Trifluralin

1 - Alternaria Late Blight

متغیر بود که نتایج تجزیه آن در جدول ۱ آمده است. در هر بلوک ۵ ردیف درخت در نظر گرفته شد که دو ردیف کناری، به عنوان گارد و سه ردیف وسط، مربوط به تیمارهای آزمایشی بود. در هر ردیف نیز، ۱۰ درخت در نظر گرفته شده بود. در آبیاری قطره ای سطحی از قطره چکان های نتافیم^۱ خود شوینده^۲ با دبی ۴ لیتر در ساعت و فاصله قطره چکانهای یک متر از یکدیگر، با آرایش مستقیم دو ردیفه که لوله های آبد به فاصله ۱ متری از تنه درختان قرار داشتند، استفاده شد. لوله های آبد در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با قطره چکان های داخل خط، ویپ^۳، ساخت شرکت موندراگون اسپانیا، در دو طرف ردیف درختان، به فاصله ۱ متر از تنه درختان و در دو عمق ۳۰ و ۵۰ سانتیمتر، نصب گردید. فاصله قطره چکانها بر روی لوله های آبد نیز، یک متر بود. دبی اسمی قطره چکان های ویپ، بین ۲ تا ۴ لیتر در ساعت بسته به میزان فشار (۱ تا ۲ اتمسفر) متغیر بود. دور آبیاری در هر دو سیستم ثابت و ۱۲ روز در نظر گرفته شد. بر همین اساس در تعریف تیمارها، حرف I مربوط به میزان آب آبیاری (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد) و حرف D مربوط به عمق کارگزاری لوله های آبد (۰، ۳۰ و ۵۰ سانتیمتر) می باشد. بطور مثال: $I_4.D_0$: آبیاری قطره ای سطحی با میزان آب مصرفی ۴۰ درصد نیاز آبی در روش آبیاری غرقابی و $I_4.D_3$: آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق کارگزاری ۳۰ سانتیمتر و میزان آب ۴۰ درصد نیاز آبی در روش آبیاری غرقابی می باشد. بقیه تیمارها نیز بر این اساس نامگذاری شدند. سطوح مختلف مقدار آب آبیاری با نصب کنتورهای حجمی، به دقت در طول فصل رشد اعمال گردیدند. به منظور کنترل شوری، در فصل زمستان با یک نوبت آبیاری غرقابی سنگین به عمق تقریبی ۲۰cm آب، آبشویی خاک انجام شد. در انتهای فصل با اندازه گیری صفات کمی محصول نظیر میزان محصول تر و خشک و صفات کیفی مانند پوکی، خندانی، انس و ... و نیز محاسبه کارایی مصرف آب (WUE)، روش های آبیاری با یکدیگر مقایسه شدند. از بین صفات رویشی نیز میزان رشد طولی و قطری شاخه ها، سطح برگ، درصد جوانه های گل ریزش کرده، درصد جوانه رویشی و تغییرات قطر تنه به دلیل حساسیت بیشتر در تعیین اثر تنشهای خشکی بر گیاه، اندازه گیری شدند. با تعیین مقدار شوری عصاره اشباع خاک (EC_e) در فواصل و اعماق مختلف نسبت به محل استقرار درخت و قطره چکانها از طریق نمونه برداری خاک، توزیع این پارامتر در ناحیه ریشه درخت در انتهای هر فصل رشد، بررسی شد. در نهایت تجزیه و تحلیل آماری داده های حاصل از آزمایش توسط نرم افزار آماری Mstatc انجام شد. سپس مقایسه میانگین ها به روش آزمون دانکن

لايه های عمیق تر، باعث افزایش تولید محصول درختان به میزان (۴۵/۷-۹۹/۱) درصد و در آبیاری غرقابی به میزان (۲۶/۶-۱۰۱/۶) درصد شد (۱۲). آزمایشات مزرعه ای، جهت بررسی اثر آبیاری قطره ای زیرسطحی بر تولید نارگیل نشان داده است که این سیستم با میزان تولید محصول ۱۳۳ نارگیل در هر درخت نسبت به میزان محصول ۱۲۴ نارگیل در هر درخت در سیستم آبیاری نواری رایج در منطقه، وضعیت بهتری داشته است. در مجموع با توجه به اهمیت استراتژیک پسته برای کشورمان و کمبود منابع آبی در مناطق پسته کاری، که از مهمترین موانع تولید به شمار میروند، لزوم تحقیق در خصوص استفاده اصولی از روش های نوین آبیاری در جهت کاهش اثرات تنش های خشکی و شوری و افزایش کارایی مصرف آب، کاملاً احساس می گردد. لذا در این تحقیق کارایی استفاده از این سیستم، در باغ های پسته، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش به مدت چهار سال (۱۳۸۴-۱۳۸۸) در قطعه باغی به مساحت تقریبی دو هکتار در ایستگاه تحقیقات پسته کرمان به اجرا درآمد. طرح بصورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد (شکل ۱)، که شامل دو فاکتور بود:

فاکتور روش آبیاری، که شامل دو روش آبیاری قطره ای سطحی و آبیاری قطره ای زیرسطحی با دو عمق نصب لوله ها در ۳۰ سانتی متری و ۵۰ سانتی متری بود. فاکتور میزان آب آبیاری، که شامل سه سطح ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی درخت بارور پسته در روش آبیاری سطحی بود.

R_2	D_{30}			D_0			D_{50}		
	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{60}	I_{80}	I_{40}	I_{80}	I_{40}	I_{60}
R_3	D_0			D_{50}			D_{30}		
	I_{80}	I_{40}	I_{60}	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{80}	I_{60}	I_{40}
R_1	D_{50}			D_{30}			D_0		
	I_{60}	I_{80}	I_{40}	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{60}	I_{80}	I_{40}

شکل ۱- نقشه طرح آماری تیمارهای آزمایشی

میزان آب آبیاری با توجه به نیاز آبی محاسبه شده برای درخت پسته در کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی (۲)، جلد دوم برای شهرستان کرمان و سطوح مختلف آب مذکور به میزان ۲۹۳۲، ۴۳۹۸ و ۵۸۶۴ متر مکعب در هکتار در هشت ماه فصل رشد یعنی از اول فروردین تا آخر آبان به درختان داده شد.

هدایت الکتریکی آب آبیاری (EC_{iw}) مورد استفاده در این تحقیق، ۴/۷ دسی زیمنس بر متر بود. رقم مورد نظر در این تحقیق، رقم اوحدی با فاصله کاشت $3m \times 7m$ و سن درختان حدود ۳۰ سال بود. خاک قطعه آزمایشی، بسته به عمق آن، از شنی لومی تا لوم شنی

1 - Netafim

2 - Self Cleaner

3 - VIP

در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

همبستگی نزدیکی بین مقدار آب کاربردی و پارامترهای رویشی درختان مشاهده کردند، به طوریکه تنش آبی باعث کوچک شدن سطح برگ، کاهش رشد و وزن شاخه ها و در نتیجه کوچکتر شدن اندازه درختان گردید.

نتایج و بحث

نتایج چهار ساله مقایسه میانگین های هریک از صفات اندازه گیری شده از نظر فاکتورهای مختلف مقدار آب، عمق کارگذاری لوله و نیز اثر متقابل مقدار آب و عمق نصب لوله های آبد، در جدول ۲ آمده است.

اثر مقدار آب آبیاری بر صفات و پارامترهای مورد بررسی

نتایج نشان داد، تمام صفات مورد بررسی در این تحقیق بطور معنی داری در سطح ۵ درصد، تحت تاثیر مقدار آب آبیاری قرار گرفتند. به طوریکه تیمارهای I_۴ و I_۸، در تمام صفات مورد اندازه گیری (به استثنای کارایی مصرف آب)، به ترتیب بدترین و بهترین وضعیت را داشتند. در حالیکه در اغلب صفات مورد بررسی (غیر از تغییرات قطر تنه و انس پسته)، اختلاف بین مقادیر تیمارهای I_۶ و I_۸، معنی دار نشد. با کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۴۰ درصد، سطح برگ $12/33 \text{ cm}^2$ کاهش نشان داد. در حالیکه کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۶۰ درصد، سطح برگ را تنها $1/02 \text{ cm}^2$ کاهش داد.

در بحث فاکتورهای رشدی درختان، با کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۴۰ درصد، طول شاخه رشد سال جاری، قطر وسط شاخه و تغییرات قطر تنه، به ترتیب، $1/46 \text{ cm}$ ، $0/37 \text{ mm}$ و $0/46 \text{ cm}$ کاهش یافت. در حالیکه کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۶۰ درصد، صفات طول شاخه رشد سال جاری و تغییرات قطر تنه را به ترتیب فقط $0/28 \text{ cm}$ و $0/22 \text{ cm}$ کاهش داد و صفت قطر وسط شاخه نیز تقریباً تغییری نکرد. رومرو و همکاران (۱۶) نیز در تحقیقی که در مورد اثر کم آبیاری تنظیم شده در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی و بر روی درختان بارور بادام به مدت ۴ سال در کشور اسپانیا انجام دادند،

درصد جوانه های گل باقیمانده و جوانه های رویشی نیز از جمله فاکتورهایی بود که بطور معنی داری تحت تاثیر مقدار آب آبیاری قرار گرفت. با کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۴۰ درصد، درصد جوانه های گل باقیمانده و جوانه های رویشی، به ترتیب، $12/79$ و $3/93$ درصد کاهش یافت که این کاهش معنی دار بود. در حالیکه کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۶۰ درصد، مقدار این دو صفت را به ترتیب تنها ۵ و $1/51$ درصد کاهش داد که این میزان کاهش بین تیمارهای میزان آب ۶۰ و ۸۰ درصد، معنی دار نبود.

صفات کمی و کیفی محصول از جمله صفات مهم دیگر بود که تحت تاثیر میزان آب آبیاری قرار گرفت. وزن محصول خشک، با کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۴۰ درصد حدود ۱ کیلوگرم در هر درخت کاهش یافت، در حالیکه با کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۶۰ درصد، وزن محصول خشک، فقط $0/2$ کیلوگرم در هر درخت کاهش یافت. کمپ (۶) نیز در تحقیقی که بر روی ۳۰ نوع گیاه انجام داد، با استفاده از آبیاری قطره ای زیرسطحی، ضمن کاهش میزان آب مصرفی، افزایش میزان محصول را نیز نسبت به سایر روشهای آبیاری از جمله آبیاری قطره ای سطحی گزارش کرد.

صفات کیفی محصول نیز به همین صورت تحت تاثیر میزان آب قرار گرفت. با کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۴۰ درصد، صفات پوکی، خندانی و تعداد دانه در انس پسته، به ترتیب، $5/3$ درصد افزایش، $14/25$ درصد کاهش و $1/7$ واحد افزایش نشان داد. در صورتیکه با کاهش میزان آب از ۸۰ درصد به ۶۰ درصد، میزان این سه صفت کیفی محصول به ترتیب تنها، $2/47$ درصد افزایش، $5/35$ درصد کاهش و $0/83$ واحد افزایش داشت.

جدول ۱- تجزیه نمونه خاک محل اجرای طرح در شروع آزمایش

نوع بافت	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	نسبت جذب سدیمی SAR	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک $E_c(dS/m)$	اسیدیته pH	عمق خاک (سانتیمتر)
شنی لومی	۷۳/۸	۲۰	۶/۲	۴/۴	۵/۴	۷/۸	۰-۳۰
لوم شن	۶۷/۴	۲۸	۴/۶	۳/۸	۴/۲	۷/۶	۳۰-۶۰
لوم شن	۶۱/۶	۳۲	۶/۴	۳/۹	۴/۰	۷/۷	۶۰-۹۰
لوم شن	۵۹/۹	۳۴	۶/۱	۳/۲	۴/۲	۷/۷	۹۰-۱۲۰

جدول ۲- میانگین صفات کمی و کیفی اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف آبیاری در چهار سال آزمایش (۱۳۸۸-۱۳۸۴)

میانگین مقادیر صفات اندازه گیری شده					
عامل تغییر	مساحت برگ (cm ²)	طول شاخه رشد سال جاری (cm)	قطر وسط شاخه (mm)	تغییرات قطر تنه (cm)	درصد جوانه گل باقیمانده
سالهای آزمایش					
سال اول	۸۲/۵۱ b*	۸/۲۹ c	۵/۴۵ bc	۰/۴۳ c	۵۴/۷۲ ab
سال دوم	۸۶/۰۵ b	۵/۱۶ d	۵/۷۸ a	۰/۵۵ b	۴۷/۴۵ bc
سال سوم	۸۵/۷۳ b	۱۵/۱۵ a	۵/۶۱ ab	۰/۶۲ b	۶۲/۵۴ a
سال چهارم	۱۰۴/۸ a	۱۲/۱۷ b	۵/۳۳ c	۰/۷۴ a	۳۹/۷۴ c
مقدار آب آبیاری					
I _۴ : ۲۹۳۲ متر مکعب در هکتار سال (۰/۴۰٪ تبخیر و تعرق پسته)	۸۱/۹۰ b	۹/۲۵ b	۵/۲۹ b	۰/۳۵ c	۴۴/۲۵ b
I _۶ : ۴۳۹۸ متر مکعب در هکتار سال (۰/۶۰٪ تبخیر و تعرق پسته)	۹۳/۲۱ a	۱۰/۴۳ a	۵/۶۸ a	۰/۵۹ b	۵۲/۰۵ ab
I _۸ : ۵۸۶۴ متر مکعب در هکتار سال (۰/۸۰٪ تبخیر و تعرق پسته)	۹۴/۲۳ a	۱۰/۸۱ a	۵/۶۶ a	۰/۸۱ a	۵۷/۰۴ a
روش آبیاری (عمق نصب لوله های آبده)					
D _۰ : قطره ای سطحی (روی سطح خاک)	۸۶/۴۳ b	۹/۷۵ b	۵/۵۳ ab	۰/۴۸ b	۵۲/۱۲ a
D _{۳۰} : قطره ای زیرسطحی (عمق ۳۰ cm)	۹۴/۳۹ a	۱۰/۶۳ a	۵/۴۰ b	۰/۵۱ b	۴۹/۳۲ a
D _{۵۰} : قطره ای زیرسطحی (عمق ۵۰ cm)	۸۸/۵۲ b	۱۰/۲۱ ab	۵/۷۰ a	۰/۷۶ a	۵۱/۹۰ a
اثر متقابل مقدار آب و عمق نصب لوله					
I _۴ .D _۰	۷۹/۷۶ c	۸/۶۰ d	۵/۱۸ b	۰/۲۴ e	۴۸/۷۳ ab
I _۶ .D _۰	۹۰/۶۳ b	۹/۸۲ bc	۵/۸۴ a	۰/۴۶ d	۵۲/۴۳ ab
I _۸ .D _۰	۸۸/۹۰ b	۱۰/۸۴ abc	۵/۵۹ ab	۰/۷۵ b	۵۵/۲۰ ab
I _۴ .D _{۳۰}	۸۱/۱۱ c	۹/۷۳ c	۵/۲۸ b	۰/۲۵ e	۳۹/۴۹ b
I _۶ .D _{۳۰}	۹۸/۸۶ a	۱۰/۹۵ ab	۵/۴۲ ab	۰/۵۵ d	۵۲/۳۶ ab
I _۸ .D _{۳۰}	۱۰۳/۲۰ a	۱۱/۲۲ a	۵/۵۱ ab	۰/۷۱ bc	۵۶/۱۰ ab
I _۴ .D _{۵۰}	۸۴/۷۹ bc	۹/۷۳ c	۵/۴۲ ab	۰/۵۷ cd	۴۴/۵۴ ab
I _۶ .D _{۵۰}	۹۰/۱۵ b	۱۰/۵۱ abc	۵/۷۸ a	۰/۷۷ b	۵۱/۳۵ ab
I _۸ .D _{۵۰}	۹۰/۶۰ b	۱۰/۳۸ abc	۵/۸۸ a	۰/۹۵ a	۵۹/۸۱ a

*: میانگین ستون هایی که دارای حروف مشابه می باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵٪).

سطح برگ، ۷/۹۶ cm و ۵/۸۸ cm و نیز طول شاخه رشد سال جاری ۰/۸۸ cm و ۰/۴۲ cm افزایش نشان داد.

در مورد رشد قطری شاخه ها و تنه درختان وضعیت تقریباً برعکس بود. به طوریکه تیمار D_{۳۰}، کمترین رشد قطری را داشته و با دو تیمار دیگر اختلاف معنی داری داشت. البته باید توجه داشت که در مورد صفاتی که تا اینجا مورد بررسی قرار گرفت، اگرچه بین تیمارهای D_۰ و D_{۵۰}، اختلاف معنی دار نبود ولی در اغلب موارد تیمار D_{۵۰}، وضعیت بهتری داشت.

در مورد وزن محصول خشک نیز تیمار D_{۳۰} به عنوان بهترین تیمار، نسبت به تیمارهای D_۰ و D_{۵۰}، به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۲۹ کیلوگرم در محصول خشک هر درخت، افزایش نشان داد. در مورد درصد پوکی، تیمار D_۰ با تیمار D_{۳۰} اختلاف معنی داری نداشت ولی تیمار D_{۵۰}، با ۲ درصد کاهش در پوکی با تیمارهای D_۰ و D_{۳۰} اختلاف معنی داری داشت.

در مورد صفت خندانی نیز تیمار D_{۳۰} به عنوان بهترین تیمار، با تیمار D_۰ اختلاف معنی داری نداشت ولی باعث کاهش معنی دار ۴/۶۳ درصدی خندانی نسبت به تیمار D_{۵۰}، گردید.

در بحث کارایی مصرف آب، نتایج نشان داد، با کاهش میزان آب آبیاری، کارایی مصرف آب، افزایش یافت. یعنی به ازای هر متر مکعب آب مصرفی، محصول بیشتری تولید شد. ولی از آنجائیکه تیمار I_۴، تقریباً در تمامی صفات مورد بررسی دیگر در این تحقیق، وضعیت نامناسبی داشت و از طرفی تیمارهای I_۶ و I_۸ در اغلب صفات مورد بررسی، در یک گروه آماری قرار گرفتند، لذا تیمار I_۶ با کارایی مصرف آب بیشتر نسبت به تیمار I_۸، به عنوان بهترین تیمار مقدار آب، تعیین شد.

اثر روش آبیاری بر صفات و پارامترهای مورد بررسی

تقریباً در اغلب صفات (به غیر از صفات درصد جوانه گل باقیمانده، درصد جوانه رویشی و تعدا دانه در انس پسته)، اختلاف بین روش های آبیاری معنی دار بود (جدول ۲). در مورد سطح برگ و نیز طول شاخه رشد سال جاری، تیمار آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر (D_{۳۰})، بهترین تیمار بود و با دو تیمار دیگر اختلاف معنی داری داشت. به طوریکه نسبت به تیمارهای D_۰ و D_{۵۰}،

ادامه جدول ۲- میانگین صفات کمی و کیفی اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف آبیاری در چهار سال آزمایش (۱۳۸۸-۱۳۸۴)

میانگین مقادیر صفات اندازه گیری شده

عامل تغییر	درصد جوانه رویشی	محصول خشک (کیلوگرم/درخت)	درصد پوکی	درصد خندانی	انس پسته (تعداد در ۲۸/۳۵ گرم)	کارایی مصرف آب (WUE) کیلوگرم بر متر مکعب	سالهای آزمایش
							سال اول
	۱۸/۸۵ c*	۱/۶۰ c	۲۷/۳۲ a	۸۲/۳۷ a	۳۳/۶۸ a	-/۱۶۸ d	سال اول
	۲۲/۲۹ b	۲/۲۳ b	۱۰/۸۱ c	۸۱/۴۱ a	۳۱/۴۶ b	-/۲۳۵ b	سال دوم
	۱۶/۰۲ d	۲/۸۸ a	۸/۵۱ d	۶۷/۹۴ b	۲۹/۸۱ c	-/۳۳۰ a	سال سوم
	۲۶/۳۰ a	۱/۹۲ b	۲۰/۶۴ b	۶۲/۳۷ c	۳۱/۳۷ b	-/۲۲۰ c	سال چهارم
مقدار آب آبیاری							
	۱۸/۷۵ b	۱/۵۸ b	۱۹/۵۲ a	۶۵/۸۱ b	۳۲/۴۳ a	-/۲۵۳ a	۲۹۳۲ متر مکعب در هکتار سال (۴۰٪ تبخیر و تعرق پسته)
	۳۱/۱۷ ab	۲/۳۵ a	۱۶/۱۰ b	۷۴/۷۱ a	۳۱/۵۷ b	-/۲۵۵ a	۴۳۹۸ متر مکعب در هکتار سال (۶۰٪ تبخیر و تعرق پسته)
	۲۲/۶۸ a	۲/۵۵ a	۱۴/۲۳ b	۸۰/۰۶ a	۳۰/۷۴ c	-/۲۰۷ b	۵۸۶۴ متر مکعب در هکتار سال (۸۰٪ تبخیر و تعرق پسته)
روش آبیاری (عمق نصب لوله های آبد)							
	۲۰/۶۷ a	۱/۹۶ b	۱۶/۰۶ b	۷۲/۹۴ ab	۳۱/۶۹ a	-/۲۱۸ b	قطره ای سطحی (روی سطح خاک)
	۲۰/۹۶ a	۲/۴۱ a	۱۶/۳۳ b	۷۶/۱۳ a	۳۱/۱۷ a	-/۲۲۰ a	قطره ای زیرسطحی (عمق ۳۰ cm)
	۲۰/۹۷ a	۲/۱۲ b	۱۸/۰۷ a	۷۱/۵۰ b	۳۱/۸۹ a	-/۲۲۸ b	قطره ای زیرسطحی (عمق ۵۰ cm)
اثر متقابل مقدار آب و عمق نصب لوله							
	۱۷/۳۰ b	۱/۴۵ d	۱۷/۸۰ b	۶۵/۱۳ de	۳۲/۱۰ b	-/۲۳۶ ab	I _r .D ₀
	۲۲/۵۷ ab	۲/۰۸ bc	۱۶/۸۹ bc	۷۱/۵۸ bcd	۳۲/۱۳ b	-/۲۲۵ b	I _r .D ₀
	۲۲/۱۵ ab	۲/۳۶ abc	۱۳/۴۸ d	۸۲/۱۳ a	۳۰/۸۳ cd	-/۱۹۲ b	I _r .D ₀
	۱۹/۱۷ ab	۱/۸۳ cd	۱۷/۷۷ b	۶۹/۰۴ cde	۳۲/۰۶ b	-/۲۹۷ a	I _r .D _r
	۱۹/۱۴ ab	۲/۶۸ ab	۱۶/۶۰ bc	۷۷/۵۰ ab	۳۰/۹۵ cd	-/۲۹۰ a	I _r .D _r
	۲۴/۵۶ a	۲/۷۳ a	۱۴/۶۰ cd	۸۱/۸۳ a	۳۰/۵۱ d	-/۲۲۱ b	I _r .D _r
	۱۹/۷۷ ab	۱/۴۵ d	۲۳/۰۲ a	۶۳/۲۵ e	۳۳/۱۴ a	-/۲۳۶ ab	I _r .D _s
	۲۱/۷۹ ab	۲/۳۰ abc	۱۶/۶۱ bc	۷۵/۰۴ bc	۳۱/۶۳ bc	-/۲۴۹ ab	I _r .D _s
	۲۱/۳۵ ab	۲/۵۶ ab	۱۴/۶۰ cd	۷۶/۲۱ ab	۳۰/۸۹ cd	-/۲۰۷ b	I _r .D _s

*: میانگین ستون هایی که دارای حروف مشابه می باشند، با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵٪).

اثر متقابل مقدار آب آبیاری و روش آبیاری بر صفات و

پارامترهای مورد بررسی

با توجه به جدول شماره ۲، از بین صفات مورد بررسی در تیمارهای اثر متقابل مقدار و روش آبیاری، به غیر از صفات درصد جوانه گل باقیمانده، درصد جوانه رویشی، رشد قطری شاخه ها که اختلاف آنها چندان محسوس نبود، در مورد سایر صفات بین تیمارها اختلاف کاملاً معنی داری مشاهده گردید. در این بین، تیمارهای I_r.D_r و I_r.D_s بیشترین مقدار سطح برگ را داشتند. به طوریکه تیمار D_r با مقدار آب ۶۰ درصد از سایر تیمارها با مقدار آب ۸۰ درصد تبخیر و تعرق نیز سطح برگ بیشتری داشت. در مقادیر کم آب (۴۰ درصد تبخیر و تعرق) نیز تقریباً در اغلب موارد تیمارهای آبیاری

در مورد آخرین فاکتور یعنی کارایی مصرف آب نیز، تیمار D_r، به ترتیب با افزایش ۰/۰۵۲ و ۰/۰۴۲ کیلوگرمی در محصول خشک هر درخت، نسبت به تیمارهای D₀ و D_s، به عنوان بهترین تیمار شناخته شد. در مجموع به نظر می رسد که تیمار D₀ به دلیل وجود تلفات تبخیر از سطح خاک و تیمار D_s، به دلیل توزیع بیشتر آب در قسمت های پایین تر منطقه توسعه ریشه و تلفات نفوذ عمقی، وضعیت مشابهی داشته و قسمتی از آب آبیاری در آنها، تلف می شود. به همین علت تیمار D_r، به دلیل توزیع مکانی مناسب رطوبت در خاک و عدم وجود تلفات تبخیر و نفوذ عمقی، بهترین وضعیت را داشته و به عنوان بهترین تیمار شناخته شد. کمپ (۶) نیز عمق کارگذاری لوله ها را بسته به نوع گیاه، از ۰/۰۲ متر (برای گیاهانی نظیر پیاز) تا ۰/۷ متر گزارش کرد که در این مقاله در مورد درختان میوه نظیر سیب، این عمق بین ۰/۳ تا ۰/۷ متغیر بود.

در مورد صفت خندانی و تعداد دانه در انس پسته نیز همانند درصد پوکی، در هر سه روش آبیاری، بهترین وضعیت را تیمارهای با میزان آب ۸۰ درصد تبخیر و تعرق داشتند ضمن اینکه تیمار I۶.D۳ نیز در گروه بهترین تیمارها قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده، بین بهترین و بدترین تیمارها بطور متوسط ۱۴ درصد تفاوت در میزان خندانی بدست آمد که اختلاف معنی داری در بحث کیفیت محصول به حساب می آید. از نظر تعداد دانه در انس (۲۸/۵۳ گرم) پسته که نشان دهنده ریزی و درشتی محصول می باشد، بین تیمارها، اختلاف معنی دار مشاهده شد، بطوریکه بین بدترین و بهترین تیمار از نظر این فاکتور ۲ واحد اختلاف وجود داشت.

در بحث کارایی مصرف آب، تیمارهای آبیاری قطره ای زیر سطحی با مقادیر آب مصرفی ۴۰ و ۶۰ درصد تبخیر و تعرق (I۴.D۳، I۴.D۵، I۶.D۳ و I۶.D۵) به همراه تیمار آبیاری قطره ای سطحی با میزان آب آبیاری ۴۰ درصد تبخیر و تعرق (I۴.D۵)، به عنوان بهترین تیمارها در یک گروه قرار گرفتند. یعنی به ازای هر متر مکعب آب مصرفی محصول بیشتری تولید نمودند. در تحقیق نجفی و همکاران (۴) نیز، کاربرد آبیاری قطره ای زیرسطحی در محصولاتی نظیر سیب زمینی، گوجه فرنگی و بادمجان منجر به افزایش معنی دار کارایی مصرف آب نسبت به آبیاری قطره ای سطحی گردید.

اثر تیمارهای مختلف بر توزیع شوری در منطقه ریشه درختان پسته

نتایج شوری عصاره اشباع نمونه های خاک برداشته شده در تیمارهای مختلف در شکل‌های ۱ تا ۱۰ آمده است. قبل از اجرای طرح توزیع شوری در ناحیه ریشه تقریباً روند یکنواختی داشته و با افزایش عمق خاک و فاصله از درختان شوری تقریباً ثابت مانده است (شکل ۱). در تیمارهای آبیاری قطره ای سطحی کمترین میزان شوری در زیر قطره چکان بوده به طوریکه با افزایش فاصله از نازلها در جهت عمقی و شعاعی میزان شوری افزایش یافته است. در تیمار I۴.D۵ از سطح خاک تا عمق ۱۲۰ سانتیمتری تغییرات شوری چندان محسوس نبوده و انتقال شوری به لایه های پایین تر را نمی بینیم، که نشان دهنده عدم تامین نیاز آبی است. در ضمن همانطور که مشاهده می گردد در این تیمار، شوری عمق ۱۲۰ سانتیمتری و زیر محل استقرار درختان، تا حدود ۶ دسی زیمنس بر مترهم رسیده است. با افزایش مقدار آب به ۶۰ درصد نیاز آبی در تیمار I۶.D۵، جبهه نمک از قطره چکانها دور شده و به قسمت های پایین تر منتقل گردیده است. در تیمار I۸.D۵، شوری در عمق توسعه ریشه بطور محسوسی کاهش یافته و کاملاً به زیر منطقه توسعه ریشه هدایت شده است.

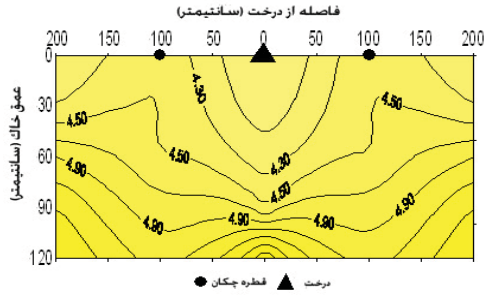
قطره ای زیر سطحی به دلیل کاهش تلفات تبخیر آب از سطح خاک و توزیع بهتر رطوبت و شوری در خاک، نسبت به آبیاری قطره ای سطحی، سطح برگ بیشتری داشتند. با توجه به اینکه تعرق و فتوسنتز که نقش کلیدی در تولید محصول دارند، در برگ انجام می شوند، سطح برگ می تواند تاثیر بسزایی در عملکرد گیاهان داشته باشد. با توجه به نتایج بدست آمده بین بهترین و بدترین تیمارها (به ترتیب I۴.D۵ و I۸.D۳) در مورد صفت سطح برگ، $23/44 \text{ cm}^2$ اختلاف وجود داشت.

در مورد صفت طول شاخه رشد سال جاری نیز تیمارهای I۶.D۳ و I۸.D۳ بیشترین مقادیر را داشتند. در مورد صفت قطر وسط شاخه نیز بین اغلب تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در مورد این دو صفت هم بین بهترین و بدترین تیمارها به ترتیب، $2/62 \text{ cm}$ و $0/7 \text{ mm}$ اختلاف وجود داشت. در مورد تغییرات قطر تنه نتایج قدری متفاوت بود به طوریکه اختلاف بین تیمارها شدیداً معنی دار شد و تیمار I۸.D۵ با بیشترین تغییرات قطر تنه، با تمام تیمارهای دیگر اختلاف معنی داری را نشان داد. تیمار I۴.D۵ نیز با کمترین تغییرات قطر تنه، اختلاف $0/71$ سانتیمتری را در تغییرات قطر تنه با بهترین تیمار داشت.

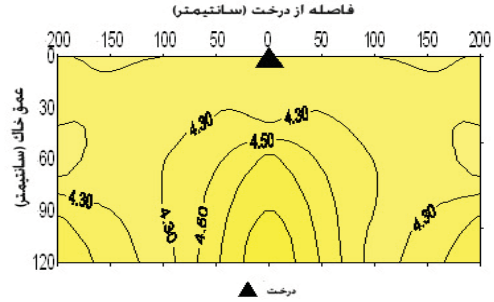
در مورد صفات درصد جوانه گل باقیمانده و رویشی نیز اختلاف معنی داری بین اغلب تیمارها مشاهده نشد. بطوریکه در مورد صفت درصد جوانه گل باقیمانده، تنها بین تیمارهای I۸.D۵ و I۴.D۳ (به عنوان بهترین و بدترین تیمار)، با تفاوتی در حدود ۲۰ درصد، اختلاف معنی دار شد. تفاوت $7/2$ درصدی در جوانه های رویشی تشکیل شده بین تیمارهای I۴.D۵ و I۸.D۳ (به عنوان بهترین و بدترین تیمار) نیز اختلاف بین آنها را معنی دار کرد.

از مهمترین فاکتورهایی که معمولاً بیشتر مورد توجه قرار می گیرد، میزان محصول بدست آمده است. با توجه به نتایج بدست آمده میزان محصول خشک در یک میزان آب آبیاری ثابت، با تبدیل آبیاری قطره ای سطحی به زیر سطحی با عمق ۳۰ سانتیمتر، بین $0/2$ تا $0/6$ کیلوگرم در هر درخت، افزایش یافت. موتوچامی و همکارانش (۱۱) نیز نشان دادند که آبیاری قطره ای زیرسطحی با تولید ۱۳۳ نارگیل در هر درخت نسبت به میزان محصول ۱۲۴ نارگیل در هر درخت، در سیستم آبیاری نواری رایج در منطقه تامیل نادو هندوستان، وضعیت بهتری داشت.

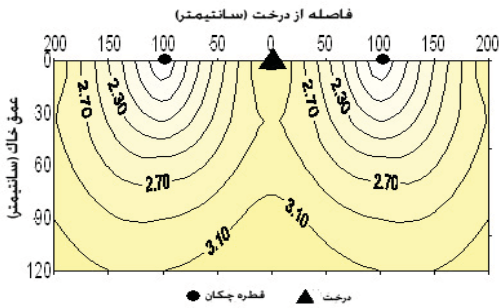
در بحث درصد پوکی، در هر سه روش آبیاری، بهترین وضعیت را تیمارهای با میزان آب ۸۰ درصد تبخیر و تعرق (I۸.D۵، I۸.D۳ و I۸.D۵) داشتند. در یک مقدار آب ثابت، تنها در حالت ۴۰ درصد تبخیر و تعرق بین روشهای آبیاری اختلاف معنی دار شد به طوریکه آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق نصب ۵۰ سانتیمتر، با حدود ۵ درصد افزایش در پوکی نسبت به دو روش دیگر با همین میزان آب، بدترین وضعیت را داشت.



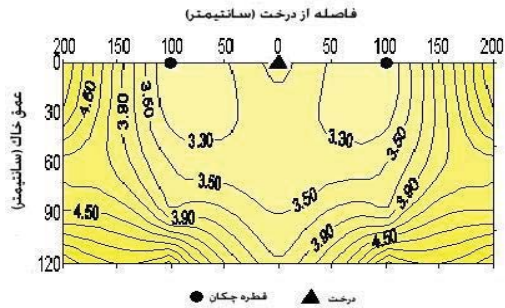
شکل ۲- توزیع شوری در منطقه ریشه درختان در روش آبیاری قطره ای سطحی با میزان آب ۴۰ درصد نیاز آبی ($I_4.D_0$)



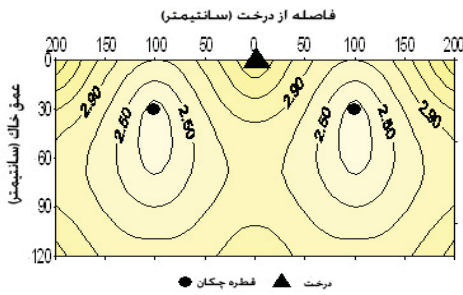
شکل ۱- توزیع شوری در قطعه آزمایشی قبل از اجرای طرح



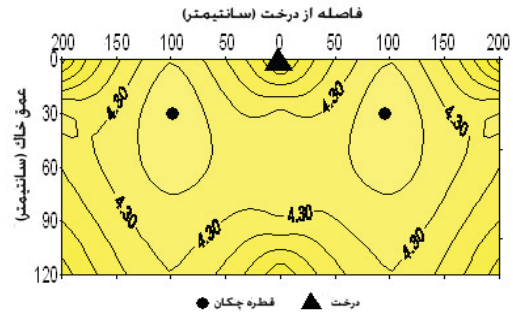
شکل ۴- توزیع شوری در منطقه ریشه درختان در روش آبیاری قطره ای سطحی با میزان آب ۸۰ درصد نیاز آبی ($I_8.D_0$)



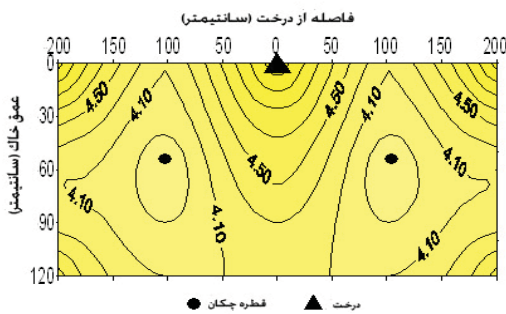
شکل ۳- توزیع شوری در منطقه ریشه درختان در روش آبیاری قطره ای سطحی با میزان آب ۶۰ درصد نیاز آبی ($I_6.D_0$)



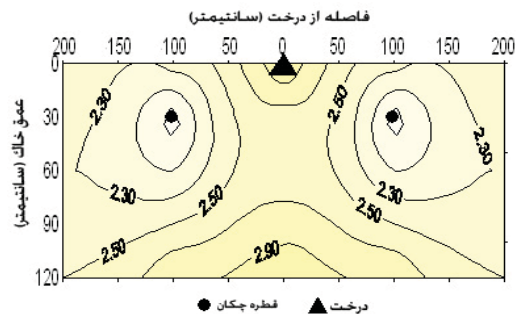
شکل ۶- توزیع شوری در منطقه ریشه درختان در روش آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق لوله ۳۰ سانتیمتر و میزان آب ۶۰ درصد نیاز آبی ($I_3.D_{30}$)



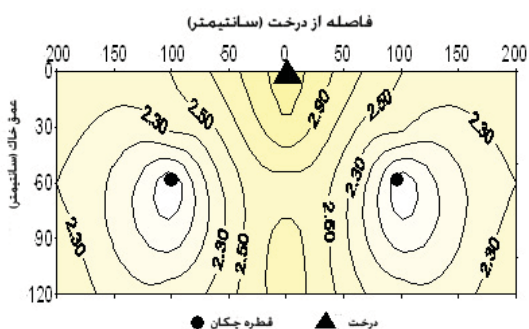
شکل ۵- توزیع شوری در منطقه ریشه درختان در روش آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق لوله ۴۰ سانتیمتر و میزان آب ۴۰ درصد نیاز آبی ($I_4.D_{40}$)



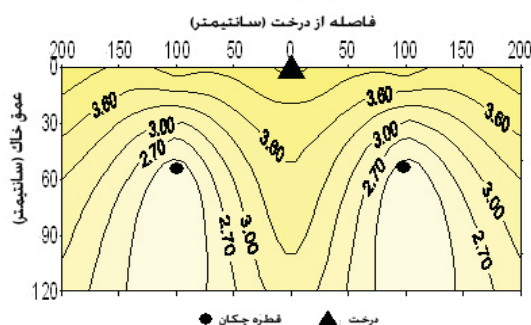
شکل ۸- توزیع شوری در منطقه ریشه درختان در روش آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق لوله ۵۰ سانتیمتر و میزان آب ۴۰ درصد نیاز آبی ($I_5.D_{50}$)



شکل ۷- توزیع شوری در منطقه ریشه درختان در روش آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق لوله ۳۰ سانتیمتر و میزان آب ۸۰ درصد نیاز آبی ($I_3.D_{30}$)



شکل ۱۰- توزیع شوری در منطقه ریشه درختان در روش آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق لوله ۵۰ سانتیمتر و میزان آب ۸۰ درصد نیاز آبی (I_{۸۰}.D_{۵۰})



شکل ۹- توزیع شوری در منطقه ریشه درختان در روش آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق لوله ۵۰ سانتیمتر و میزان آب ۶۰ درصد نیاز آبی (I_{۶۰}.D_{۵۰})

الگوی توزیع ریشه همخوانی دارد. اورون و همکارانش (۱۳) نیز در استفاده از آب شور در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی در یک باغ گلابی، نشان دادند که توزیع رطوبت و شوری در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی نسبت به سیستم قطره ای سطحی، با الگوی توزیع ریشه همخوانی بهتری دارد.

نتیجه گیری

تقریباً اغلب صفات مورد بررسی، در این تحقیق (به غیر از درصد خندانی) تا سال سوم اجرای پروژه بهبود پیدا کردند. اما در پایان سال سوم (۱۳۸۶)، به دلیل سرمای شدید زمستان و همچنین سرمازدگی بهاره، علاوه بر ریزش درصد بالای از جوانه های گل همان سال، درصد جوانه گل باقیمانده در درختان در سال بعد را نیز به شدت کاهش داد که این موضوع باعث کاهش معنی دار میزان محصول خشک در سال ۱۳۸۷ گردید. صفات کیفی محصول نیز نظیر پوکی و تعداد دانه در انس پسته، افزایش یافت. ضمن اینکه به دلیل کاهش میزان محصول خشک، کارایی مصرفی آب نیز بطور معنی داری کاهش یافت. از طرفی با کاهش میزان محصول در سال ۱۳۸۷، برخی از پارامترهای رویشی نظیر سطح برگ افزایش یافت. در مورد تغییرات قطر تنه درختان نیز چون روند تغییرات در طی چهار سال بررسی شده است، بدیهی است که باید حالت افزایشی داشته باشد. نکته قابل ذکر اینکه تغییر سیستم آبیاری از غرقابی به قطره‌ای زیرسطحی سال‌آوری را در قطعه آزمایشی تا حد زیادی کنترل نمود. همانطور که در قسمت نتایج ذکر شد، در نظر گرفتن درصد جوانه گل باقیمانده به تنهایی نمی‌تواند شاخص خوبی جهت تعیین پتانسیل تولید باشد، چراکه فاکتورهای کیفی محصول نظیر درصد پوکی و تعداد دانه در انس پسته نیز نقش بسیار مهمی در میزان عملکرد نهایی دارند. در مجموع، از آنجائیکه در اغلب پارامترهای مورد بررسی بین تیمارهای آبیاری با مقادیر ۶۰ و ۸۰ درصد آب مصرفی در روش

در تیمارهای آبیاری قطره ای زیر سطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر نیز همانند تیمارهای آبیاری قطره ای سطحی، با افزایش فاصله از نازلها در جهت عمقی و شعاعی میزان شوری افزایش یافته است. بطور مثال در تیمار I_۴.D_{۳۰} که تنها ۴۰ درصد نیاز آبی، آب دریافت کرده بود، تغییرات شوری در محدوده ریشه چندان محسوس نیست.

این مطلب نشان می‌دهد که آب کاربردی تکافوی راندن نمک‌ها به محدوده خارج از منطقه توسعه ریشه را نکرده است، به طوریکه شوری در قسمت های انتهایی محدوده مورد بررسی به ۵/۱ دسی زیمنس بر متر نیز رسیده است. با افزایش مقدار آب به ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در تیمارهای I_۶.D_{۳۰} و I_۸.D_{۳۰}، همانطور که در شکل‌های ۶ و ۷ مشخص است، نمک‌ها کاملاً به خارج از محدوده ریشه رانده شده، به طوریکه میزان شوری در این منطقه بطور محسوس کاهش یافته است. در تیمارهای آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق نصب ۵۰ سانتیمتر نیز روند تغییرات شوری بسیار مشابه با تیمارهای آبیاری قطره ای زیر سطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر است با این تفاوت که منحنی های شوری کمی به سمت پایین تر منتقل شده اند. به طوریکه در این تیمارها، در ۳۰ سانتیمتر سطح خاک نسبت به تیمارهای مشابه با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر، شوری افزایش یافته است. بطور مثال در تیمار I_۴.D_{۵۰} که تنها ۴۰ درصد نیاز آبی، آب دریافت کرده شوری در سطح خاک تا ۵/۳ دسی زیمنس بر متر نیز رسیده است. در حالی که با افزایش مقدار آب به ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی در تیمارهای I_۶.D_{۵۰} و I_۸.D_{۵۰}، جبهه نمک به محدوده خارج از ناحیه توسعه ریشه ها منتقل شده است.

در مجموع، برای توزیع شوری در یک مقدار آب آبیاری مشخص، با توجه به اینکه در درختان پسته بارور، بیشترین تراکم ریشه های فعال، در عمق ۳۰ تا ۱۰۰ سانتیمتری می باشد، بهترین وضعیت را در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر می‌توان دید، چراکه توزیع شوری در خاک، در این روش بهتر با

روش آبیاری نیز، آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر، به دلیل توزیع مناسب رطوبت و شوری در خاک، کاهش رشد علفهای هرز، عدم وجود مشکلات گرفتگی قطره چکانها و عدم وجود مشکلات مربوط به نفوذ ریشه در داخل لوله ها و قطره چکانها، بهترین وضعیت را داشته و امکان تردد ادوات کشاورزی در باغ در هر زمان، بدون اینکه به لوله ها صدمه ای وارد گردد نیز وجود داشت. لازم به ذکر است که در طول مدت آزمایش، با برداشتن خاک روی لوله های سیستم قطره ای زیرسطحی وضعیت گرفتگی آنها بررسی شد ولی هیچ مورد گرفتگی مشاهده نشد. در صورتیکه در سیستم قطره ای سطحی به دلیل تبخیر آب از سطح قطره چکانها و رسوب املاح بر روی آنها مشکلات گرفتگی در طول آزمایش به دفعات مشاهده شد.

آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر (تیمارهای I_۱.D_۳، I_۲.D_۳)، اختلاف معنی داری وجود نداشت و از طرفی مصرف آب به میزان ۴۰ درصد تبخیر و تعرق واقعی در هر سه روش آبیاری، اثر منفی و معنی داری بر اکثر صفات رویشی و کمی و کیفی محصول درختان گذاشته بود، لذا روش آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر و میزان آب ۶۰ درصد (I_۲.D_۳) که حجم آب آبیاری آن در طول فصل رشد ۴۳۹۸ متر مکعب در هکتار بود، بهترین وضعیت را در بین تمام تیمارها داشته و قابل توصیه است. لازم به ذکر است که با توجه به بافت سبک (شنی لومی) محل اجرای آزمایش و صعود مویینه کم آب، شوری در تیمار آبیاری قطره ای زیرسطحی با عمق ۵۰ سانتیمتر در قسمت فوقانی لوله آبدی زیاد بود. در بحث مشاهدات مزرعه ای در ارتباط با محاسن و معایب این سه

منابع

- ۱- ابراهیمی زاده م. ع.، و حسن لی ع. م. ۱۳۸۷. بررسی توسعه ریشه ذرت و تاثیر آن بر کاهش مصرف آب در روشهای مختلف آبیاری با پساب در دشت نیمه خشک کربال در استان فارس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره ۴۴، صفحات ۸۲-۶۹.
- ۲- فرشی ع.، شریعتی م.، جارالهی ر.، قائمی م.، شهابی فر م. و تولایی م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی، جلد دوم، گیاهان باغی - موسسه تحقیقات خاک و آب کشور. نشر آموزش کشاورزی، ۶۳۰ صفحه.
- ۳- محمدی محمد آبادی ا.، حسینی فرد س.ج. و صداقتی ن. ۱۳۸۷. اثرات تغییر سیستم آبیاری از روش سنتی (غرقابی) به زیرسطحی (تراوا) بر درختان بارور پسته. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه اصفهان. سال دوازدهم، شماره ۴۳. ص ۴۶-۲۹.
- ۴- نجفی پ. ۱۳۸۵. اثر آبیاری قطره ای زیرسطحی در افزایش WUE در آبیاری برخی محصولات کشاورزی. پژوهش و سازندگی، زراعت و باغبانی شماره ۷۳. صفحات ۱۶۲-۱۵۶.
- 5- Anconelli S., Guidoboni G., Mannini P., and Solimando D. 2003. Initial observations on the subsurface drip irrigation of fruit crops. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofrutticoltura*, 65(9):32-36.
- 6- Camp C.R. 1998. Subsurface drip irrigation: A Review. *Transactions of the ASAE*, vol. 41(5): 1353-1367.
- 7- Edstorn J.P., and Schwankl L.J. 2002. Microirrigation of Almonds. Proc. 3rd IS on Pistachios and Almonds. *Acta Hort.* 591: 505-508.
- 8- Goldhamer D.A., Michailides T.J., and Morgan D.P. 1997. Buried drip irrigation reduces Altrnaria Late Blight in pistachio. II International Symposium on Irrigation of Horticulture Crops, 1 August, Chaina.
- 9- Kandelous M.M., and Simunek J. 2010. Numerical Simulations of Water Movement in a Subsurface Drip Irrigation System under Field and Laboratory Conditions Using HYDRUS-2D. *Agriculture Water Management* 97: 1070-1076.
- 10- Lamm F.R. 2003. Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation. [www. Oznet. Ksu. Edu/sdi/Reports/2000](http://www.Oznet.Ksu.Edu/sdi/Reports/2000)
- 11- Muthuchamy I., Subramanian K., Balaji K., and Vel S.S. 2001. Hydraulic design and performance evaluation of subsurface drip irrigation for coconut in Coimbatore district. *Madras Agricultural Journal*, publ. 2001, 87(10/12): 640-644.
- 12- Niu X., Li Y.Sh., and Feng Y.P. 2003. Effects of subsurface drip irrigation on apple trees in semiarid region of Southern Shanxi. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 19(1):72-75.
- 13- Oron G., DeMalach Y., Gillerman L., David I., and Lurie S. 2002. Effect of water salinity and irrigation technology on yield and quality of pears. *Biosys. Engin.* 81:237-247.
- 14- Oron G., DeMalach Y., Gillerman L., David I., and Rao V.P. 1999. Improved saline-water use under subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, Vol. 39, No. 1, pp. 19-33, 24 ref.
- 15- Rodriguez- Sinobas L., Gil-Rodriguez M., Sanchez R., Losada A., Castanon G., Juana L., Laguna F.V., and Benitez J. 2010. Simulation of Soil Wetting Patterns in Drip and Subsurface Irrigation: Effects in Design and Irrigation Management Variables. *Geophysical Research Abstracts*. Vol.12, EGU2010-15064.
- 16- Romero P., Botia P., and Garcia F. 2004. Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on vegetative development and yield of mature almond trees. *Plant and Soil*, 260(1-2):169-181.
- 17- Sakellariou-Makrantonaki M., Kalfountzos D., and Vyrilas P. 2002. Water Saving and Yield Increase of Sugar Beet With Subsurface Drip Irrigation. *Global Nest: The Int. J.* Vol. 4(2-3): 85-91.

Comparing Effects of Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems on Growth and Yield on Mature Pistachio Trees

N. Sedaghati^{1*} - S.J. Hosseinifard² - A. Mohammadi Mohammadabadi³

Received:19-10-2010

Accepted:4-2-2012

Abstract

Unsustainable harvesting of agricultural water resources in the province of Kerman, has caused an annual average of one-meter drop in ground water levels. Surface irrigation methods in pistachio trees have low efficiency because of inherent characteristics and its incorrect application, as well as low access to water resource in pistachio regions. Therefore under the current critical condition, basic development of pressurized irrigation systems is an effective step to raise water use efficiency in the pistachio orchards. In this research, two irrigation systems including conventional surface drip irrigation and subsurface drip irrigation (SDI) with two drip line depths (30cm and 50cm) with three levels of water irrigation in each treatment, including 40%, 60% and 80% of irrigation requirement of pistachio in surface irrigation system (2932, 4398 and 5864 m³/ha.year respectively) for four years, was studied. Growth and yield factors, water use efficiency (WUE) and water and salinity distribution in root zone were measured. The results indicated that 30cm installation depth was the best treatment. Between irrigation systems, amounts of 60% and 80% irrigation requirement don't have significant difference, but 40% irrigation requirement treatment, affected negatively on most of evaluated factors significantly. Therefore with regard to all evaluated factors in this research, subsurface drip irrigation with buried drip line at 30cm and 60% of irrigation requirement of pistachio in surface irrigation system, with water use efficiency of 0.290kg/m³ and 25% water saving in comparison with surface drip irrigation system, was the best treatment and recommended.

Keywords: Pistachio, Salinity, Subsurface drip irrigation, Water use efficiency

1,2,3- Research Lecture, Research Assistant Professor and Research Lecture, Scientific Board Iran's Pistachio Research Institute, Respectively

(* -Corresponding Author Email: nsedaghati2010@gmail.com)