

بررسی کارایی آبیاری زیرسطحی در میزان رشد و تولید درختان پسته

محمدتقی دستورانی* - محمدعلی صادق زاده - محمدحسینی^۱

تاریخ دریافت: ۸۵/۵/۲

تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۱/۳۰

چکیده

در این تحقیق تأثیر دو سیستم مختلف آبیاری در استفاده بهینه از آب در باغات پسته رفسنجان (که به صورت جدی با کمبود آب مواجه است) مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام این کار دو پلات آزمایشی که هر یک در برگیرنده یک ردیف درخت پسته با تعداد ۳۹ اصله درخت کاملاً همسن و یکنواخت از نظر اندازه، شادابی و شرایط ظاهری انتخاب گردید. یکی از آنها جهت آبیاری سطحی و دیگری جهت استفاده برای آبیاری زیرسطحی (با استفاده از لوله های مشبک با پوشش پارچه پلاستیکی که در عمق حدود ۵۰ سانتی متر قرار داده شده است) آماده سازی گردید. سپس به مدت دو سال (پاییز ۱۳۸۲ تا پاییز ۱۳۸۴) هر دو پلات با میزان و کیفیت آب برابر مورد آبیاری قرار گرفت. میزان تولید محصول، میزان رشد سالیانه، وضعیت رشد علفهای هرز و تأثیر روی خصوصیات خاک عواملی بودند که مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند. باتوجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق مشخص گردید تفاوت کارایی دو سیستم آبیاری در باغات پسته منطقه مورد مطالعه قابل توجه بوده بطوریکه میزان تولید محصول و نیز شاخص رشد سالیانه در پلات مربوط به آبیاری زیرسطحی حدود دو برابر پلات سطحی و میزان رشد علفهای هرز حدود یک چهارم آنست. نوع آبیاری روی خاک تأثیر معنی دار نداشته است. بنابراین باتوجه به کمبود شدید آب نسبت به سطح باغات پسته منطقه، آبیاری زیرسطحی گزینه ای به مراتب برتر و کاراتر نسبت به روش آبیاری سطحی که بطور سنتی مورد استفاده قرار می گیرد است.

واژه های کلیدی: پسته، آبیاری زیرسطحی، راندمان آبیاری، مدیریت آب زراعی، سیستمهای آبیاری، استفاده بهینه از آب

مقدمه

است. سیستم های آبیاری زیرسطحی به خاطر قرار ندادن آب در معرض تبخیر و رساندن مستقیم آن به منطقه توسعه ریشه های گیاه صرفه جویی قابل ملاحظه ای را در میزان آب مصرفی جهت آبیاری باعث گردیده و بدین سبب راندمان آبیاری در این نوع سیستم ها به مقدار قابل توجهی افزایش می یابد.

آبیاری قطره ای زیر سطحی از جمله روشهای آبیاری است که در دهه اخیر، در نقاط مختلف دنیا گسترش یافته است. این روش اولین بار در سال ۱۹۵۹ در کالیفرنیا، مطرح شد و به تدریج با بهبود تجهیزات و مصالح روش آبیاری قطره ای، این روش نیز توسعه یافت (۴). در ارتباط با اثرات آبیاری قطره ای زیرسطحی یا SDI (Subsurface Drip Irrigation) در عملکرد محصولات کشاورزی مطالعات مختلفی انجام شده است. از جمله فن و همکاران دریافتند که کاربرد روش SDI در بهبود عملکرد محصول

بخش عمده اصلی آب در ایران جهت آبیاری اراضی کشاورزی استفاده می گردد. باین وجود هنوز وابستگی غذایی کشور به طور کامل رفع نگردیده است و هر ساله بخشی از منابع ارزی کشور صرف واردات مواد غذایی می گردد. یکی از علل اصلی این موضوع راندمان کم در آبیاری است که با وجود صرف مقدار قابل ملاحظه ای از آب محصول متناسب با آن برداشت نمی شود. سیستم های سنتی آبیاری اساساً نارسائیهای زیادی داشته و علاوه بر هدر رفت مربوط به تلفات آب در طول کانالها و مسیرهای انتقال آب، بخش قابل ملاحظه ای از آب نیز بصورت تبخیر و تعرق و استفاده توسط علفهای هرز از دسترس استفاده گیاه خارج می گردد. این مسئله خصوصاً در مناطق خشک و مسطح که میزان تابش خورشیدی و نیز جریانهای باد زیاد است دارای شدت بیشتری

۱- به ترتیب استادیا ر دانشکده منابع طبیعی، استادیار دانشکده فیزیک دانشگاه یزد، دانشجوی دکتری گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان

در خصوص مقایسه آبیاری سطحی (فارو) با آبیاری قطره ای و آبیاری قطره ای زیرسطحی در رابطه با تعدادی از درختان میوه از جمله پسته در کالیفرنیا انجام داد. در این تحقیقات بررسی روی مقایسه آبیاری سطحی فارو با آبیاری قطره ای سطحی و قطره ای زیر سطحی از نظر میزان تولید، صرفه جویی در آب مصرفی، میزان انرژی مصرفی، میزان رشد درختان (قطر تنه)، میزان رشد علفهای هرز، میزان کود مورد نیاز و نیز آنالیز هزینه ها صورت گرفت و در همه موارد برتری روشهای قطره ای و خصوصاً قطره ای زیرسطحی نسبت به آبیاری سطحی به اثبات رسید (نتایج این تحقیق در قسمت نتایج بیشتر مورد بحث قرار خواهد گرفت) (۶).

همچنین در رابطه با کارایی و خصوصیات آبیاری قطره ای زیر سطحی روی چمن مطالعات و تحقیقات مفصلی در دانشگاه ایالتی کالیفرنیا توسط زولدوسک و همکاران و نیز سولومن و جرجسون انجام گرفته است که مویده کارایی مناسب آن است (۱۷ و ۱۸).
عبدی قاسم تحقیقات مفصلی در رابطه با سیستم آبیاری زیر سطحی انجام داد و مزیت ها و معایب آبیاری زیر سطحی را مشخص نمود که البته مزایای آن به مراتب بیش از معایبش بود (۵). اسلامی و سرچشمه پور در یک پروژه تحقیقاتی استفاده از آب نامتعارف در سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی را در باغات پسته در کرمان مورد ارزیابی قرار دادند. هدف اصلی این تحقیق بررسی استفاده از آب شور در سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی در درختان پسته بود. نتایج حاصله پس از دو سال اجرای طرح نشان داده است که هیچگونه گرفتگی در قطره چکانها در طی این مدت مشاهده نگردیده و سیستم شرایط مناسبی را دارا بوده است (۱). محمدی در بررسی امکان تغییر سیستم آبیاری از سطحی به زیرزمینی در درختان پسته به این نتیجه رسید که دور آبیاری ۱۴ روز با مقدار مصرف آب ۴۰٪ تشتک تبخیر A با آبیاری زیرسطحی ضمن مصرف ۴۸۸۷ متر مکعب در هکتار نسبت به تیمار شاهد (آبیاری سطحی با دور ۳۵ روز و آب مصرفی ۹۰۰۰ متر مکعب) بهترین تیمار از نظر مصرف آب با توجه به ماده خشک تولیدشده، رشد رویشی و حداقل زود خندانی می باشد (۲). نجفی و دیگران تحقیقی در رابطه با اثرات کاربرد همزمان روش قطره ای زیرسطحی و مدل ET-HS در افزایش راندمان استفاده از آب در آبیاری برخی محصولات کشاورزی به انجام رسانده و کارایی بهتر این روش را متذکر شدند (۴). ناصری و پورعباس بر اساس

ذرت در مقایسه با سایر روشهای آبیاری موثر است (۱۵). همچنین هاتمچر و همکاران روش SDI در عمق ۴۰ سانتی متر را با روش آبیاری فارو برای آبیاری گیاه یونجه مقایسه نمودند و نتیجه گیری کردند که در روش SDI عملکرد محصول ۲۰ درصد افزایش می یابد و در عین حال در روش SDI میزان آب مصرفی ۹۴ درصد روش آبیاری فارو بوده است (۸). ارون و همکاران کاهش تبخیر، کاهش رواناب سطحی، کاهش نفوذ عمقی، کنترل بهتر علف های هرز، افزایش راندمان علف کش ها و در نتیجه کاهش آلودگی منابع خاک و آب، کاهش تماس مستقیم عموم و کارگران با آب آلوده، و کنترل بهتر سیستم آبیاری را مزایای خاص روش SDI بیان نمودند (۱۲). کمپ در سال ۱۹۹۸ با بررسی تناسب آبیاری زیرسطحی برای محصولات مختلف بیش از ۳۰ نوع محصول زراعی مختلف را برای آبیاری قطره ای زیر سطحی مناسب تشخیص داد (۷). فن و لام در یک آزمایش سه ساله در کالیفرنیا آمریکا روش آبیاری قطره ای سطحی (DI) و زیر سطحی (SDI) را در محصول گوجه فرنگی مورد مقایسه قرار دادند و مشخص شد که سیستم SDI برتریهایی نسبت به DI دارد (۱۴). فن و روسکین در تحقیقی با بررسی مدیریت مصرف نیترات از طریق SDI، کاهش آلودگی نیترات از طریق کاربرد این سیستم را متذکر شده اند (۱۶). ارون و همکاران در تحقیقی عکس العمل درختان گلابی را به آبهای شور با استفاده از سیستم SDI مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق حاکی از عملکرد اقتصادی قابل قبول این سیستم بوده و با استفاده از این روش تجمع نمک کاهش یافته و به خارج از منطقه ریشه منتقل گردید (۱۳). لام و همکاران در یک بررسی جامع در رابطه با انجام آبیاری قطره ای زیر سطحی برای گیاه ذرت، فاصله بهینه برای لوله های آبد و عمق مناسب کارگذاری آنها را پیشنهاد نمودند (۹). مارتینز و همکاران تاثیر کوددهی از طریق دو روش آبیاری قطره ای شامل سطحی و زیر سطحی را بر عملکرد و خصوصیات رشد گیاه ذرت مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که عملکرد گیاه و نیز فعالیت ریشه در تیمار زیر سطحی بیشتر از سطحی بوده و اختلاف معنی داری دارد (۱۰). میخائیل و همکاران تاثیر SDI را در کنترل بیماری لکه برگی درختان پسته در مقایسه با روش غرقابی مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که آبیاری قطره ای زیر سطحی بطور معنی داری باعث کاهش شدت و ابتلاء به بیماری گردید (۱۱). بورت تحقیقات چند ساله ای را

دیگر مورد بررسی همراه بود ادامه پیدا کرد. لازم به ذکر است که در انتخاب عرصه جهت انجام این تحقیق ملاک‌هایی از جمله سلامت درختان و همگنی درختان (از نظر ظاهری) مدنظر بوده که با توجه به اهمیت این ملاکها در این تحقیق با بررسی صحرایی و بازدید تک تک درختان و ارزیابی رشد سالانه (جوانه‌ها و شاخه‌های جدید)، شادابی و رنگ برگها، ساقه‌ها و محصول آنها اطمینان نسبی از سالم بودن درختان حاصل شد. همچنین در تقسیم عرصه به دو بخش مجزا این مسئله بطور دقیق مدنظر قرار گرفت که بیومس موجود در دو بخش تا حد ممکن برابر باشد.

بر اساس بررسی به عمل آمده مشخص گردید که ردیف‌های درخت در جهت طولی همگنی بهتری با هم دارند به عبارت دیگر با توجه به انجام آبیاری سطحی در طول کرت‌ها در طول سال‌های گذشته و تفاوت شیب طولی در نقاط مختلف کرت‌ها بعضی از قسمت‌ها آب بیشتری دریافت کرده و در نتیجه درختان آن قسمت‌ها از رشد بیشتری برخوردار بوده و قوی تر به نظر می‌رسند. بدین جهت زمین مورد استفاده که دارای حدود ۱۲ متر عرض و حدود ۶۰ متر طول با دو ردیف درخت پسته که با فاصله ردیف‌ها از هم حدود ۶ متر و فاصله درختان از هم بطور متوسط حدود ۱٫۵ متر می‌باشد بصورت طولی به دو بخش تقسیم شده که هر بخش دارای عرض حدود ۶ متر و طول حدود ۶۰ متر شامل یک ردیف درخت می‌باشد. در این حالت جایی که درختان از نظر جثه بزرگتر هستند در هر دو ردیف بزرگتر هستند و جایی که کوچکتر هستند باز هم در هر دو ردیف این حالت مشترک می‌باشد.

به منظور جلوگیری از تبادل جریانهای نفوذی بین بخش‌های تفکیک شده و نیز مناطق اطراف و تاثیر این تبادل جریان روی نتایج تحقیق اقدام به جداسازی هیدرولوژیکی بخشها از هم‌دیگر و مناطق اطراف شد. جهت انجام این جداسازی از عایق پلاستیکی استفاده شد طوری که با حفر کانالی به عمق حدود ۱٫۲ متر (که حدی است پایین تر از منطقه توسعه ریشه‌ها) در اطراف محدوده انتخاب شده و نیز بین دو بخش مربوط به دو نوع آبیاری و قرار دادن پلاستیک ضخیم دو لایه امکان تبادل جریان‌های خروجی و ورودی به هریک از بخشها را از بین برده و به عبارت دیگر بخشها از هم‌دیگر تفکیک هیدرولوژیکی شدند. بدیهی است دوام این تفکیک برای دوره مورد نظر در این تحقیق (دو فصل رشد) کفایت می‌کند. بخش در نظر گرفته شده برای آبیاری سنتی به روش سطحی

بررسی‌های انجام داده در خصوص آبیاری قطره‌ای زیرسطحی اظهار نمودند که راندمان کاربرد این نوع آبیاری بیش از ۹۰٪ درصد بوده و به این جهت یکی از روش‌های آبیاری بسیار کارا محسوب می‌شود (۳).

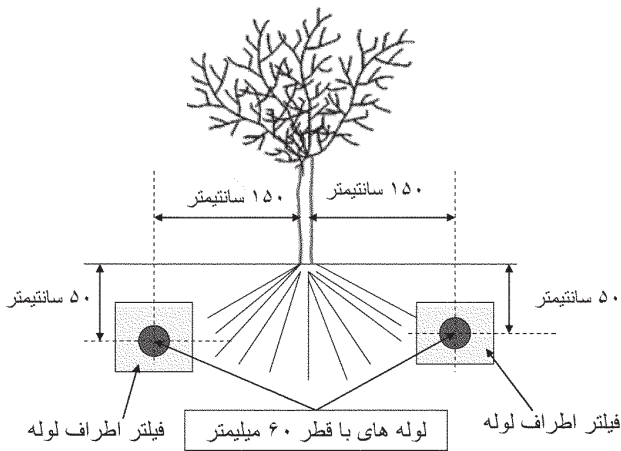
البته طبیعی است که جهت پیشنهاد جایگزینی روش‌های آبیاری سنتی موجود باروشهای نوین با راندمان بالا (از جمله آبیاری زیرسطحی) بایستی تمام جنبه‌های ممکن بسته به شرایط منطقه مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. در این رابطه میزان صرفه جویی در آب آبیاری، میزان افزایش محصول با صرف مقدار مشخصی آب، تاثیر نوع آبیاری در رشد و تقویت بخش‌های رویشی گونه‌های گیاهی، تاثیر احتمالی سیستم آبیاری روی وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، مقدار هزینه لازم جهت اجرا و نگهداری هریک از سیستمها و نیز استقبال کشاورزان از روش پیشنهادی از مواردی است که نیاز به بررسی کمی و کیفی داشته و بایستی با اجرای نمونه‌های تحقیقاتی روشن گردد. تحقیق حاضر در حقیقت گامی در جهت روشن نمودن برخی از ابهامات فوق در رابطه با درختان پسته در منطقه رفسنجان است. در این تحقیق که با بکارگیری یک روش آبیاری سطحی که بصورت سنتی در منطقه انجام می‌گردد و یک روش نوین آبیاری که عبارتست از آبیاری زیرسطحی با استفاده از لوله‌های مشبک و پوشش پارچه پلاستیکی سعی گردیده کارایی این دو روش آبیاری از جنبه‌های مختلف مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آماده سازی عرصه تحقیق

محل اجرای طرح باغ پسته ای در روستای تاج آباد کهنه از توابع شهرستان رفسنجان و در حدود ۵ کیلومتری این شهرستان بوده است. تمام درختان مورد استفاده در این طرح هم سن بوده و همگنی لازم را دارا می‌باشند. تعداد کل درختان مورد استفاده در این تحقیق ۷۸ اصله می‌باشد که بصورت برابر به دو قطعه تقسیم شده که یکی از قطعات از آبیاری سطحی بهره می‌برد و در قطعه دیگر از آبیاری زیرسطحی بوسیله لوله‌های مشبک و پوشش پارچه پلاستیکی استفاده می‌گردد. مدت اجرای تحقیق دو سال بوده که آماده سازی آن از اوایل پاییز ۱۳۸۲ شروع گردید و تا اواخر پاییز ۱۳۸۴ که با برداشت محصول، اندازه‌گیری میزان رشد و عوامل

به ردیف درختان را نشان می دهد.



شکل (۱) شماتیک مقطع عرضی لوله ها و فیلتر و وضعیت قرارگیری لوله ها نسبت به ردیف درختان

جهت برآوردن نیاز کودی درختان پسته که جهت این طرح پژوهشی انتخاب گردیده بودند کود پاشی زمستانه قبل از شروع فصل رشد انجام گردید. از فروردین ماه ۱۳۸۳ نیز پس از آماده سازی پلاتها عملیات آبیاری شروع شد و در سال بعد نیز همانند سال اول ادامه پیدا کرد. در انتهای فصل رشد (مهرماه ۱۳۸۴) که محصول رسیده بود برداشت محصول صورت گرفت و همچنین پس از آن برداشت نمونه های خاک (جهت بررسی تغییر احتمالی در وضعیت خاک تحت دو نوع آبیاری) و همچنین برداشت های مربوط به رشد سالیانه درختان در دو پلات (جهت مقایسه در درختان دو پلات آبیاری سطحی و زیر سطحی) نیز انجام گرفت.

آب مورد استفاده در پلاتهای تحقیقی

به منظور اطمینان از اختصاص آب برابر از لحاظ کمیت و کیفیت برای هر دو پلات آزمایشی اقدام به انتقال آب از شهرداری رفسنجان با تانکر و آبیاری هر دو پلات با مقدار آب کاملاً برابر شد. البته همانطور که قبلاً توضیح داده شد دور آبیاری دو پلات متفاوت بود و در هر پلات دور آبیاری متناسب با سیستم آبیاری آن پلات انجام می شد. با آزمایشاتی که روی آب آبیاری انجام شد این آب جزء آبهای لب شور محسوب می شود (EC حدود ۳ میلی موس بر سانتیمتر). نتایج آزمایش آب مورد استفاده در آبیاری پلاتهای این طرح با آب پمپ آب موجود در منطقه که قطعات دیگر

تسطیح گردیده و جهت این کار آماده شد. این بخش به صورت یک کرت واحد بوده که آب از یک طرف وارد شده و تمام کرت را به صورت نسبتاً یکنواخت دربرمی گیرد و ردیف درختان پسته که در وسط کرت بصورت طولی قرار دارند از آب آبیاری شده استفاده می نمایند.

بخش اختصاص داده شده برای آبیاری زیر سطحی نیز نیاز به آماده سازی جهت اجرای این نوع آبیاری داشته که عمدتاً شامل آماده سازی لوله ها، تعبیه آنها در زمین و قرار دادن فیلتر در اطراف لوله ها بوده است. لوله های استفاده شده از نوع لوله های PVC (لوله پولیکا) بوده که دارای قطری برابر ۶۰ میلی متر می باشد و دارای مقاومت و دوام کافی جهت انجام این تحقیق را دارا می باشد. آماده سازی لوله ها شامل مشبک کردن آنها و قرار دادن در داخل پوشش پارچه پلاستیکی است. روی محیط لوله در چهار جهت و در هر جهت تعداد ۴ سوراخ به قطر حدود ۵ میلی متر و فاصله حدود ۴ سانتی متر از همدیگر که در هر متر طولی لوله یکبار تکرار می گردد تعبیه شد. به عبارت دیگر در هر متر طول لوله جمعاً ۱۶ سوراخ به قطر ۵ میلی متر وجود دارد که آب را در تمام اطراف لوله پخش می نماید. برای جلوگیری از گرفته شدن سوراخها و نیز امکان نشت تدریجی و یکنواخت آب، از یک لایه پوشش پارچه پلاستیکی (از جنس کیسه های کود شیمیایی و آرد) استفاده شد. این پارچه های پلاستیکی نفوذ پذیر به صورت آستینهای بلند دوخته شد و سپس لوله مشبک شده در داخل آن قرار داده شد طوری که قطر آستینهای پارچه ای تهیه شده متناسب با قطر لوله بوده و پس از قرار دادن لوله در داخل آن لوله کاملاً به پارچه چسبیده و چفت گردید. جهت جلوگیری از ورود خاک به خلل و فرج پوشش پارچه پلاستیکی و منافذ ایجاد شده روی لوله و همچنین به منظور افزایش نفوذ پذیری محدوده اطراف لوله جهت نشت یکنواخت و سریع آب، از یک لایه فیلتر ماسه ای در اطراف لوله استفاده گردید. این فیلتر در تمام جهات اطراف لوله به ضخامت حدود ۱۰ سانتی متر حد فاصل لوله و خاک قرار داده شد. دانه بندی آن متوسط بوده و ترکیبی از ماسه و شن ریزرا شامل می شود. لوله ها پس از آماده سازی در دو طرف ردیف درختان پسته به فاصله ۱۵۰ سانتیمتر و در عمقی معادل ۵۰ سانتی متر از سطح زمین به صورت کاملاً تراز قرار داده شد. شکل ۱ بصورت شماتیک مقطعی از لوله به همراه فیلتر و وضعیت قرارگیری لوله ها نسبت

مقایسه آنها شد.

وضعیت رشد سالیانه در دو پلات آبیاری

پارامتر دیگری که می تواند معلول وضعیت آبیاری در باغات پسته در مناطق خشک باشد میزان رشد سالیانه و نیز وضعیت شادابی گونه های گیاهی است. طبیعی است در مزرعه ای که درختان همواره با استرس های آبی مواجه بوده و غالباً آبی که در طول فصل رشد دریافت می کنند کمتر از مقدار نیاز آبی است هر سیستم آبیاری که در آن تلفات و هدر رفت آب کمتر باشد و یا به عبارت دیگر راندمان آن بیشتر بوده و در شرایط برابر (از نظر میزان آب اختصاص داده شده) آب بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد شرایط رشد بهتری را برای گیاه فراهم ساخته و این تفاوت بایستی در اندازه گیری وضعیت رشد سالیانه مشخص شود. جهت بررسی تأثیر نوع آبیاری در میزان رشد سالیانه در دو پلات این تحقیق که از نظر خاک، وضعیت درختان و نیز میزان آب اختصاص داده شده کاملاً یکسان بوده و فقط نوع آبیاری متفاوت بوده اقدام به اندازه گیری میزان رشد سالیانه درختان پسته شد. جهت اینکار از هر پلات که در برگیرنده ۳۹ اصله درخت پسته بود اقدام به انتخاب ۱۰ اصله درخت بر اساس شمارش سیستماتیک گردید و این درختان علامت گذاری شد. سپس توسط خط کش و متر تعداد و طول رشد جوانه های رویشی سالیانه در انتهای فصل رویشی سال دوم (اوایل آبان ماه ۱۳۸۴) اندازه گیری و ثبت گردید. روش کار به ایت صورت بود که برای هر درخت و در هر یک از پلاتها تعداد کل جوانه های رویشی سالیانه با طول ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ... سانتیمتر شمارش و در قالب جداولی تنظیم گردید، طوری که بر این اساس برای هر درخت یک جدول تهیه شد. به منظور فراهم نمودن امکان مقایسه کمی میزان رشد سالیانه برای هر یک از درختان یک شاخص رشد تعریف گردید که عبارتست از مجموع حاصل ضرب تعداد در طول جوانه های سالیانه به عبارت دیگر این شاخص بصورت زیر است:

$$\text{Tree Growing Index} = \text{TGI} = \sum_{i=1}^N n_i d_i$$

که در آن n_i تعداد جوانه با طول مشخص d_i می باشد و N تعداد کل جوانه های با طول متفاوت است. علاوه بر شاخص رشد در هر یک از درختان شاخص رشد کل که مجموع شاخص رشد

باغ و نیز پلاتهای آزمایشی در سالهای گذشته با آن آبیاری می شد مورد مقایسه قرار گرفت که هر دو تقریباً دارای خصوصیات مشابه مخصوصاً از نظر شوری بوده و در یک طبقه واقع می شوند.

در این تحقیق سعی شد میزان آب اختصاص یافته به پلاتها برابر با میزان آبی که در سالهای گذشته داده می شده و اکنون نیز به قسمتهای دیگر باغ و باغات اطراف داده می شود باشد به همین علت برآوردی از میزان آب مورد استفاده برای آبیاری که بطور سنتی در منطقه رایج است به عمل آمد که عمق آب آبیاری در منطقه حدود ۲۲۰ میلیمتر (بجز بارندگی موجود در منطقه) می باشد، که از فروردین تا مهرماه هر سال به باغات پسته داده می شود (در یک دور آبیاری دو ماهه) بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز جهت انجام آبیاری پلاتها براین اساس محاسبه شده و تقریباً به همین مقدار آب به هر یک از پلاتهای آبیاری سطحی و زیرسطحی اختصاص داده شد.

پارامترهای مورد بررسی

وضعیت رشد علفهای هرز در دو پلات آبیاری

یکی از عواملی که علاوه بر رقابت در مصرف مواد غذایی و نور به صورت جدی در مصرف آب در مزارع و باغات تأثیرگذار است میزان رشد علفهای هرز می باشد. هرچقدر علفهای هرز بیشتر رشد کند میزان تبخیر و تعرق افزایش یافته و خروج آب از مزرعه افزایش خواهد یافت و لذا این مسئله درحقیقت در تقابل با استفاده بهینه از آب در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد. یکی از مکانیسم های مربوط به کاهش تلفات آب و استفاده بهینه از آن در مناطق خشک و نیمه خشک کاهش تبخیر و تعرق از سطوح آب و خاک در این مناطق می باشد. به همین دلیل در ارزیابی سیستم های آبیاری در این مناطق یکی از عوامل مهم که بایستی مد نظر قرار گیرد تأثیر سیستم آبیاری در کاهش رشد علفهای هرز می باشد که درحقیقت بطور غیر مستقیم تأثیر آن سیستم آبیاری در کنترل تلفات آب است. به همین منظور یکی از پارامترهایی که در دو سیستم آبیاری مورد استفاده در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت میزان رشد علفهای هرز بود. جهت انجام این کار در انتهای فصل رشد (پاییز ۱۳۸۳) کلیه علفهای هرز رشد کرده در دو پلات که به دو روش متفاوت (سطحی و زیرسطحی) آبیاری می شدند را جمع آوری کرده و پس از خشک نمودن آنها اقدام به وزن کردن و

درختان در هر یک از پلاتها (۱۰ اصله در هر پلات) است نیز محاسبه گردید که این شاخص تحت عنوان شاخص نهایی رشد در پلات بصورت زیر است:

$$\text{Plot Growing Index} = \text{PGI} = \sum_1^{10} \text{TGI}$$

وضعیت محصولات تولیدی در دو پلات آبیاری

مقایسه میزان تولید محصول پسته در دو پلات تحت دو سیستم آبیاری سطحی و زیر سطحی هدف اصلی این تحقیق بوده است. همانطور که قبلاً ذکر شد در سال اول تحقیق هیچ گونه محصولی برداشت نشد یعنی در باغات پسته منطقه طرح (باغهای مجاور) نیز شرایط به همین شکل بود که بر اساس بررسیهای انجام شده علت آن سرمازدگی اعلام شد. در سال دوم طرح (سال ۱۳۸۴) وضعیت نسبت به سال قبل متفاوت بوده و منطقه مورد مطالعه از نظر تولید محصول یک سال نسبتاً نرمال تلقی می شد لذا امکان مقایسه محصول در این سال فراهم گردید. لذا در زمان برداشت محصول (مهر ماه ۱۳۸۴) محصول پسته درختان در پلاتها بصورت جداگانه و بطور کامل برداشت شده و توزین گردید. توزین محصول برداشت شده در پلاتها هم در حالت تر (بلافاصله پس از برداشت) و هم در حالت خشک (پس از چرخ کردن و خشک نمودن) انجام گرفت.

تغییر احتمالی در خاک پلاتها

جهت بررسی امکان تأثیر نوع آبیاری در وضعیت خاک اقدام به برداشت نمونه های خاک از هر یک از پلاتهای آبیاری در سه مقطع زمانی مختلف و تجزیه و تحلیل آن در آزمایشگاه گردید. نمونه های خاک در ابتدای شروع طرح قبل از انجام آبیاریها، انتهای فصل رشد سال اول (آبان ماه ۱۳۸۳) و نیز انتهای دوره آزمایش (آبان ماه ۱۳۸۴) از اعماق مختلف (۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰) برداشت شده و EC, PH و بافت آنها در آزمایشگاه خاک شناسی مورد اندازه گیری قرار گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک علفهای هرز رشد کرده در سطح پلات مربوط به آبیاری سطحی برابر ۸۲ کیلوگرم بود در حالی که این مقدار در

پلات مربوط به آبیاری زیرزمینی (زیر سطحی) برابر ۲۱ کیلوگرم اندازه گیری شد. تفاوت معنی دار و قابل ملاحظه وزن خشک علفهای هرز در دو پلات در حقیقت نشان دهنده تأثیر هر یک از سیستمهای آبیاری در کنترل علفهای هرز است که اساساً در آبیاری زیر سطحی به علت عدم آبیاری سطح خاک میزان رشد علفهای هرز به مقدار قابل توجه ای کنترل می گردد. واضح است که این خصوصیت کنترل رشد علفهای هرز در یک سیستم آبیاری مورد استفاده در کشاورزی دارای مزیت چند جانبه است. علاوه بر حفظ رطوبت و صرفه جویی در استفاده از آب که باتوجه به محدودیت های کمی و کیفی منابع آبی در مناطق خشک از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است، کنترل علفهای هرز در حقیقت در استفاده بهینه از مواد غذایی خاک و صرفه جویی در مصرف کود نیز نقش عمده ای دارد. این خصوصیت در یک سیستم آبیاری در حقیقت رقم زدن شرایط به نفع محصول و به عبارتی کاهش اثر رقابتی علفهای هرز در رشد گونه های زراعی بشمار می رود.

نتایج نهایی مربوط به شاخص رشد در درختان در هر یک از پلات ها نشاندهنده تفاوت قابل ملاحظه میزان رشد سالیانه در دو پلات است، طوری که شاخص نهایی رشد در پلات مربوط به آبیاری سطحی برابر ۲۲۳۷٫۹۲ سانتی متر است در حالی که مقدار این شاخص در پلات مربوط به آبیاری زیر سطحی برابر ۴۵۷۹ می باشد (جدول های ۱ و ۲). به عبارت دیگر نسبت شاخص نهایی رشد در پلات مربوط به آبیاری زیر سطحی به پلات مربوط به آبیاری سطحی برابر ۲٫۰۵ است که این نسبت قابل ملاحظه بوده و در حقیقت نشان دهنده کارایی بسیار بالای آبیاری زیر سطحی نسبت به آبیاری سطحی در مناطق خشک که محدودیت منابع آبی جدی است می باشد. علاوه بر این وضعیت شادابی ظاهری درختان نیز ارزیابی شده که تا حدودی مؤید وضعیت مشابه است. شکل ۲ وضعیت رشد سالیانه درختان در دو پلات آبیاری را به صورت گرافیکی مقایسه می نماید. در این شکل علاوه بر مقایسه میزان کل رشد درختان در دو پلات، میزان رشد تک تک درختان انتخاب شده (۱۰ درخت در هر پلات که به آنها شماره ۱ تا ۱۰ داده شده است) در دو پلات نیز مقایسه شده است، بدین صورت که میزان رشد مجموع دو درخت واقع شده در دو پلات آبیاری سطحی و زیر سطحی که کد مشابه به آنها تعلق گرفته را ۱۰۰ درصد در نظر گرفته و سهم هر یک از دو درخت در آن مشخص گردیده است.

جدول (۱) تعداد و طول متوسط جوانه های سالیانه به همراه میزان کل رشد سالیانه تعدادی از درختان انتخاب شده در پلات آبیاری سطحی

شماره درخت	تعداد کل جوانه سالیانه	طول متوسط جوانه سالیانه	میزان کل رشد سالیانه
۱	۶۱	۳/۴	۲۶۲/۳
۲	۴۰	۳/۴۷۵	۱۳۹
۳	۱۹۸	۱/۳۲	۲۶۱/۳۶
۴	۱۱۰	۲/۵۵	۲۸۰/۵
۵	۱۵۱	۱/۸۶	۲۸۰/۸۶
۶	۱۰۹	۱/۸۰	۱۹۶/۲
۷	۲۳۵	۰/۸۶	۲۰۲/۱
۸	۱۳۶	۱/۰۴۴	۱۴۲
۹	۱۳۵	۰/۶۸	۹۱/۸
۱۰	۳۳۲	۱/۱۵	۳۸۱/۸
مجموع	۱۵۰۷		۲۲۳۷/۹۲

جدول (۲) تعداد و طول متوسط جوانه های سالیانه به همراه میزان کل رشد سالیانه تعدادی از درختان انتخاب شده در پلات آبیاری زیرسطحی

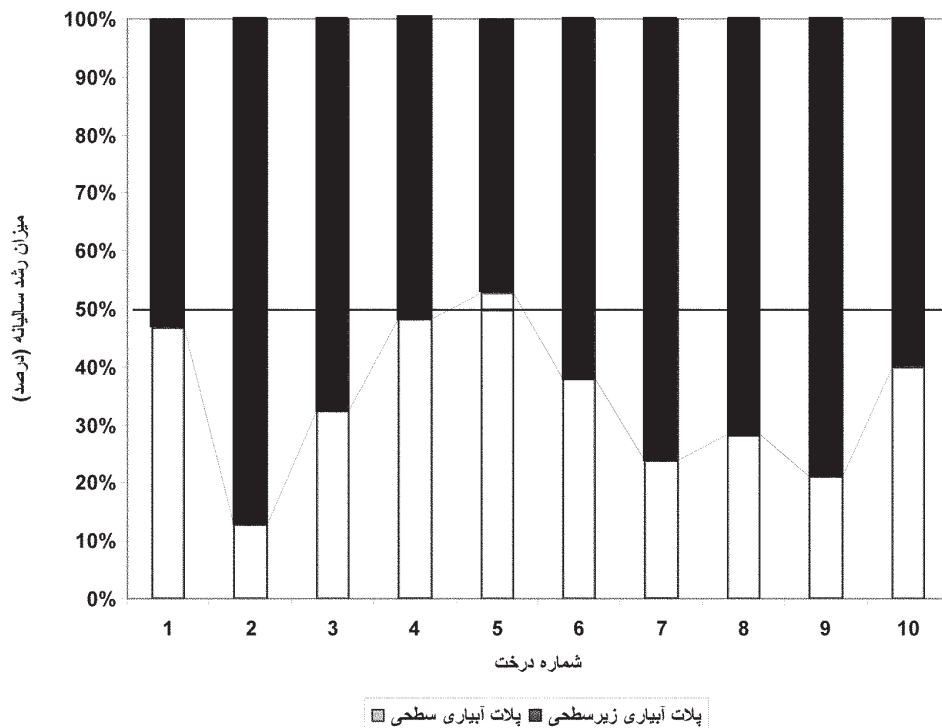
شماره درخت	تعداد کل جوانه سالیانه	طول متوسط جوانه سالیانه	میزان کل رشد سالیانه
۱	۱۱۲	۲/۶۷	۲۹۹/۱
۲	۱۰۴	۹/۰۹	۹۴۵/۳۶
۳	۱۴۵	۳/۸۰	۵۵۱
۴	۶۳	۴/۷۵	۲۹۹/۲۵
۵	۱۵۸	۱/۶۰	۲۵۲/۸
۶	۱۲۸	۲/۵۱	۳۲۱/۲۸
۷	۲۶۰	۲/۴۶	۶۳۹/۶
۸	۱۴۴	۲/۴۸	۳۵۷/۱۲
۹	۱۵۷	۲/۱۸	۳۴۲/۲۶
۱۰	۲۳۸	۲/۴	۵۷۱/۲
مجموع	۱۵۰۹		۴۵۷۹

برای پلاتهای آبیاری شطیحی و زیرسطحی به ترتیب در جداول ۱ و ۲ درج گردیده است.

نتایج مربوط به محصول تولیدی در دو پلات در جدول شماره ۳ درج شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می شود تفاوت محصول تولیدی در دو پلات هم در حالت تر و هم در حالت خشک قابل ملاحظه است. نسبت محصول تولیدی در پلات

در این حالت هر چند تفاوت رشد در کل درختان انتخاب شده در دو پلات که منعکس کننده نقش سیستم آبیاری در وضعیت رشد سالیانه در کل دو پلات است، ولی مقایسه چشمی بین هر یک از درختان در دو پلات نیز ممکن گردیده است.

مقادیر مربوط به تعداد کل جوانه های سالیانه و طول متوسط آنها به همراه شاخص رشد هر درخت و شاخص کل رشد پلات



شکل (۲) وضعیت رشد سالیانه در درختان انتخاب شده در پلاتهای آبیاری سطحی و زیرسطحی

پسته های دو پلات نیز از هم متفاوت است طوری که وزن متوسط هر پسته تولید شده در پلات آبیاری سطحی برابر ۰٫۶۳۴۱ گرم است در حالی که در پلات مربوط به آبیاری زیرسطحی برابر ۰٫۷۰۸۲ گرم می باشد. بطور متوسط وزن هر پسته در پلات آبیاری زیرسطحی برابر ۰٫۷۴۱ گرم بیشتر از پسته مربوط به پلات آبیاری سطحی می باشد. با در نظر گرفتن وزن مخصوص برابر برای پسته های تولید شده در هر دو پلات اندازه پسته های تولید شده در پلات آبیاری زیرسطحی نیز به همین اندازه از پسته های تولید شده در پلات آبیاری سطحی درشت تر است. به عبارت دیگر قطر معادل هر پسته تولید شده در پلات آبیاری زیرسطحی حدود ۱٫۱۲ برابر قطر معادل پسته تولید شده در پلات آبیاری سطحی می باشد.

همانطور که قبلاً ذکر شد نمونه هایی از خاک اعماق مختلف پلاتها در زمانهای مختلف برداشت و در آزمایشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت تا در صورت تغییر وضعیت خاک تحت تاثیر نوع مشخص آبیاری این مسئله از نظر دور نماند. نتایج مربوط به بررسی و تجزیه و تحلیل نمونه های خاک برداشت شده نشان داد که در هیچیک از پلاتها تغییر محسوسی در خاک از نظر EC، PH

مربوط به آبیاری زیرسطحی به محصول تولیدی در پلات مربوط به آبیاری سطحی در حالت وزن تر و وزن خشک به ترتیب برابر ۱٫۸۹۵ و ۲ می باشد. براساس نتایج درج شده در جدول ۴ مشخص می گردد که با میزان آب برابر و معادل با آن چیزی که در منطقه رایج بوده و موجود است فقط با تغییر شیوه آبیاری از روش سطحی به زیرسطحی تولید محصول حدود دو برابر خواهد شد. وضعیت کیفی محصول تولیدی در دو پلات نیز پارامتر دیگری بود که مورد ارزیابی قرار گرفت. در این رابطه اقدام به اندازه گیری درشتی پسته های تولیدی در دو پلات گردید که البته در مورد پسته درشت بودن پسته ها یکی از مهمترین عوامل مشخص کننده کیفیت محصول می باشد. بدین منظور مقدار مشخصی پسته خشک شده از هر پلات بصورت کاملاً تصادفی برداشت شده و پس از وزن کردن اقدام به شمارش آنها شد. سپس از تقسیم وزن نمونه برداشت شده از هر پلات به تعداد پسته آن وزن متوسط یک عدد پسته در هر یک از پلاتها مشخص گردید. نتایج مربوط به این ارزیابی نیز در جدول ۳ درج شده است.

همانطور که از جدول ۳ پیداست علاوه بر تغییر کمی محصول در پلات های آبیاری سطحی و زیرسطحی، وضعیت کیفی

جدول (۳) نتایج مربوط به وضعیت کیفی (درشتی پسته‌ها) محصول در دو پلات آبیاری سطحی و زیرسطحی

عامل مورد ارزیابی	پارامتر مقایسه شده	پلات آبیاری سطحی	پلات آبیاری زیرسطحی
وزن محصول تر به کیلوگرم	۳۸	۷۲	
کمیت محصول تولیدی	وزن محصول خشک به کیلوگرم	۱۰/۵	۲۱
وزن نمونه برداشت شده به گرم	۳۱۲	۴۱۵	
کیفیت محصول تولیدی	تعداد پسته موجود در نمونه	۴۹۲	۵۸۶
وزن متوسط هر پسته به گرم	۰/۶۳۴۱	۰/۷۰۸۲	

و بافت و ساختمان ایجاد نشده است.

مقایسه نتایج این تحقیق با یافته‌های بورت (۶) نشان دهنده آنست که در برخی موارد تشابه قابل توجهی وجود داشته و در برخی موارد نیز تفاوت‌هایی موجود است:

- در رابطه با میزان تولید، نتایج هر دو تحقیق حاکی از افزایش قابل توجه میزان تولید با تغییر سیستم آبیاری سطحی به قطره‌ای زیرسطحی است. در نتایج بورت متوسط این افزایش در دو سال (۱۹۹۴ و ۱۹۹۵) حدود ۸۹ درصد بوده و در این تحقیق نیز حدود ۱۰۰ درصد (میزان محصول در سیستم قطره‌ای زیرسطحی حدود دو برابر سیستم سطحی) است.

- میزان صرفه جویی در آب در نتایج بورت (۲) حدود ۲۸ درصد اعلام گردیده است (قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سطحی فارو). در این رابطه بایستی متذکر شد که در تحقیق نامبرده میزان آب آبیاری بر اساس نیاز آبی درختان در هر سیستم محاسبه شده و اختصاص داده شد، در حالی که در تحقیق حاضر میزان آب در هر دو سیستم به مراتب کمتر از نیاز آبی درختان بوده (حدود نصف آن) و میزان آبی که برای زارعین موجود بوده و در منطقه امکان اختصاص آن وجود داشته مبنا قرار گرفته و کارایی سیستمها بر این اساس ارزیابی شده است و لذا بحث ارزیابی میزان صرفه جویی آب در تحقیق جایگاهی نداشته، و تاثیر آن در میزان تولید منعکس شده است.

- در رابطه با میزان رشد علفهای هرز در نتایج بورت (۲) هر چند آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عث کاهش میزان علفهای هرز شده ولی این کاهش قابل توجه نبوده است که البته علت آن ذکر نگردیده است، در حالی که در این تحقیق میزان علف‌های هرز در پلات آبیاری زیرسطحی به یک چهارم تقلیل پیدا کرده

است. در رابطه با نتایج بورت (۲) علت احتمالا در دو چیز است: اولاً میزان بارندگی در منطقه طرح مذکور بالا بوده و بخشی از علفهای هرز با همین بارندگی نیز قادر به رشد میباشند (ایالت کالیفرنیا که اقلیم نیمه خشک دارد) و ثانیاً به این علت که در سیستم زیرسطحی استفاده شده در آن طرح مدت زمان جریان آب در لوله‌ها بالا بوده و در برخی پلاتهای آزمایشی عمق لوله‌ها نیز کم بوده (۱۲) اینچ از سطح زمین) که برخی اوقات (همانگونه که در تصاویر مربوطه نیز نمایان است) آب به سطح زمین رسیده و در گودهای سطح زمین جمع می‌گردیده، که این مسئله به رشد علفهای هرز کمک می‌کند.

- در رابطه با میزان رشد درختان، در نتایج بورت (۲) هر چند نقش آبیاری زیرسطحی در افزایش قطر تنه درختان (نسبت به آبیاری سطحی) مثبت ارزیابی شده ولی میزان آن قابل توجه ذکر نشده است. در تحقیق حاضر سنجش این پارامتر بر اساس طول جوانه‌های سالیانه انجام گرفته و میزان رشد در پلات آبیاری زیرسطحی حدود دو برابر پلات سطحی بدست آمده است. اختلاف در این مورد شاید به علت نوع سنجش باشد که تغییر قطر تنه در یک مدت کوتاه (یک یا دو سال) نمی‌تواند قابل ملاحظه باشد در حالی که طول جوانه‌های رویشی سالانه در دوره کوتاه مدت این موضوع را واضحت‌تر نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که در تحقیقات بورت (۲) عوامل دیگری نیز مورد ارزیابی قرار گرفته که از آن جمله میزان کود مورد نیاز است که کارایی بهتر آبیاری زیرسطحی و قطره‌ای سطحی نسبت به سطحی سنتی مورد تاکید قرار گرفته است. علاوه بر آن راندمان آبیاری است که از ۱۹ درصد در آبیاری سطحی به بالای ۵۰ درصد در آبیاری زیرسطحی افزایش یافته است. مورد دیگر

یکنواختی آبیاری است که در روش جدید به نحو قابل توجه ای افزایش پیدا کرده و به ۹۵ درصد رسیده است. مسئله مهم دیگر در تحقیقات مذکور نقش قابل توجه آبیاری قطره ای و خصوصاً قطره ای زیر سطحی در کاهش حدود ۵۰ درصدی بیماری آلترناریا می باشد که در آن پوست پسته ها قبل از رسیدن خشک شده و هسته آنها نیز لکه دار و در بسیاری از موارد فاسد می گردد. تحقیقات بورت (۲) نشان داده که این عارضه رابطه مستقیم و قوی با رطوبت سطح خاک و نیز رطوبت هوای بین درختان دارد و آبیاری زیر سطحی بدلیل خشک نگه داشتن سطح خاک و به تبع آن محیط اطراف درختان این عارضه را به حد اقل می رساند (۶). ارزیابی اقتصادی انجام گرفته توسط بورت (۲) نشان داده است که هزینه صرف شده در اولین سال پس از اجرا مستهلک شده است چرا که مبلغ ۲۴۱۰۰۰ دلار برای ۱۷۸ ایکر (حدود ۷۲ هکتار) هزینه صرف شده که در سال اول بعد از اجرا درآمد حاصل از افزایش محصول ۲۴۸۰۰۰ دلار بوده است. با توجه به اینکه در نتایج مربوط به بررسی حاضر نسبت افزایش محصول در آبیاری زیر سطحی به سطحی سنتی حتی از نتایج بورت (۲) نیز بالاتر است طبیعی است هزینه ها در زمان معقول برمی گردد و لذا از نظر اقتصادی کاملاً توجیه پذیر است. در تحقیقات بورت (۲) البته در مقایسه آبیاری قطره ای سطحی و قطره ای زیر سطحی هر چند به برتری نوع زیر سطحی نسبت به قطره ای سطحی اشاره گردیده ولی مسئله گرفتگی قطره چکانها در زیر زمین و تراوش کم (در این طرح از لوله های کم قطر همراه با قطره چکان که در آبیاری قطره ای سطحی استفاده میگرد استفاده شده است) و نیز آسیب دیدگی ریشه درختان در هنگام نصب لوله ها در زیر زمین توسط تراکتور را از مشکلات این روش ذکر نموده است. در طرح حاضر این مشکلات نیز وجود نداشته است چرا که اولاً لوله ها دارای قطر بیشتر (۶۰ میلیمتر) همراه یا روزه های بیشتر و بزرگتر بوده و ثانیاً قرار دادن لوله در داخل پارچه پلاستیکی و نیز استفاده از لایه ای فیلتر در اطراف آن این عارضه را از بین برده است. بازدید لوله ها در پایان طرح (بعد از دو سال) نیز نشان داد که هیچ نوع گرفتگی در لوله ها وجود ندارد. با توجه به قطر و نوع تعبیه لوله ها، رسوبات احتمالی وارد شده به داخل لوله ها نیز در این روش براحتی با

فلاشینگ تخلیه می گردد.

نتیجه گیری نهایی

لازم به تاکید است که بر اساس نتایج بدست آمده یکی از عوامل اصلی در هدر رفت آب و در نتیجه کمبود منابع آبی خصوصاً در مناطق خشک کارایی نامناسب روشهای آبیاری در این گونه مناطق است چرا که غالباً روشهای سنتی آبیاری سازگاری مناسبی با شرایط اقلیمی اینگونه مناطق ندارد. علاوه بر تلفاتی که روشهای سنتی آبیاری در منبع آب، کانال انتقال و نیز کانالهای فرعی در مزرعه دارد پس از ورود به کرت های آبیاری نیز بخش زیادی از آن بصورت تبخیر و نیز فرو نشست عمقی تلف می شود. در این تحقیق برای هر دو پلات آبیاری سطحی (سنتی موجود در منطقه) و زیر سطحی (به عنوان روشی جدید) آب با تانکر حمل شده و مستقیماً وارد محدوده مورد استفاده شده (لذا تلفات آب در منبع و نیز کانالها را نداشته ایم) ولی باز هم راندمان آبیاری سطحی مناسب نبوده و در مقایسه با آبیاری زیر سطحی به ازاء میزان آب برابر هم میزان محصول تولیدی و هم میزان رشد سالیانه حدود ۵۰ درصد آبیاری زیر سطحی بوده است. رشد زیاد علف های هرز در آبیاریهای سطحی (که در این تحقیق نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و میزان رشد علفهای هرز در پلات آبیاری سطحی حدود ۴ برابر پلات آبیاری زیر سطحی بود) و نیز آبیاری سطح خاک باعث افزایش قابل ملاحظه میزان تبخیر و تعرق شده و بخش قابل توجهی از آب آبیاری به این صورت هدر می رود.

مقایسه نتایج با نتایج اخذ شده توسط بورت (۱۹۹۵) حکایت از قطعیت اغلب یافته های تحقیق داشته و علاوه بر آن نقش این نوع آبیاری را در افزایش قابل توجه راندمان و یکنواختی آبیاری، کارایی بهتر کود، کاهش قابل توجه در ابتلا به بیماری آلترناریا و نیز برگشت سریع هزینه ها در اثر افزایش محصول نشان میدهد. با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می رسد که سعی در دگرگونی سیستمهای آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک و ترویج و توسعه روشهای مدرن سازگار با این شرایط مهمترین و اولویت دارترین اقدام جهت استفاده بهینه از آب و تولید محصول بیشتر با آب موجود می باشد.

منابع

۱. اسلامی، ا. و م. سرچشمه پور. ۱۳۸۴. استفاده از آب نامتعارف در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی باغات پسته. دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.
 ۲. محمدی، ا. ۱۳۷۹. بررسی امکان تغییر سیستم آبیاری از سطحی به زیرزمینی و تعیین تاثیر سیستم بر روی میزان Early splitting در درختان پسته بارور. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات پسته، ۱۳۷۹.
 ۳. ناصری، ا. و ف. پورعباس. ۱۳۸۴. قابلیت‌های آبیاری قطره ای زیرسطحی. دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.
 ۴. نجفی، پ.، ف. موسوی.، م. ج. عابدی. و م. احتشامی. ۱۳۸۲. اثرات کاربرد همزمان روش آبیاری قطره ای زیرسطحی و مدل ET-HS در افزایش WUE در آبیاری برخی محصولات کشاورزی، یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
5. Abdi, Q. 2003. Subsurface irrigation: A situation analysis, Institute of Sustainable Irrigated Agriculture (ISIA) at Tatura, Australia, for (IPTRID).
 6. Burt, C. Buried 1996. Drip irrigation on pistachios (research report), California Polytechnic State University.
 7. Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation. A review, Transactions of the ASAE. 41 (5): 1353-1367.
 8. Hutmacher R. B., Phene C. J., Mead R. M., Shouse P., Clark D., Vail S. S., Swain R., Peters M. S., Hawk C. A., Kershaw D., Donovan T., Jobs J. and J. Fargerlund . 1992 . Subsurface drip of alfalfa in Imperial Valley. Proceeding of the 22nd California / Arizona Alfalfa Symposium, pp 20-32.
 9. Lamm, F. R.; D. H. Rogers, and W. E. Spurgeon. 2000. Design and management considerations for subsurface drip irrigation system. [www. Oznot. Ksu. Edu / sdi / Reports/2000/DMSDIw.html](http://www.Oznot.Ksu.Edu/sdi/Reports/2000/DMSDIw.html).
 10. Martines, H., Y. Bar B. Sef, and U. Kafkafi. 1991. Effect of surface and subsurface drip fertigation on sweet Corn rooting, uptake, dry matter production and yield. Irrigation Science. 12:30 pp. 153-159.
 11. Michailides, T. J., D. P. Morgan, and D.A. Goldhamer. 1997. Subsurface drip irrigation reduces Alternaria Late Blight of Pistachio caused by Alternaria alternata. Second-year report. [Geoflow.com / agriculture / michail.htm](http://Geoflow.com/agriculture/michail.htm).
 12. Oron G. Y., Campos C., Gillerman L. and M. Salgot. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural water Management, 38: 223-234.
 13. Oron, G., Y. Demalach, L. Gillerman, and L. David. 1995. Pear response to saline water application under subsurface drip irrigation. [www. Oznet.ksu.edu / sdi / Abstracts / omicro / SESS? 4.html](http://www.Oznet.ksu.edu/sdi/Abstracts/omicro/SESS?4.html).

14. Phene, C.J., and F. R. Lamm. 1995. The sustainability and potortial of subsurface drip irrigation. ASAE. Pp. 359-367.
15. Phene C.J., Hutmacher R. B., Ayars J. E. Davis K. R., Mead R. M. and R. A. Schoneman. 1992. Maximum water use efficiency with subsurface drip irrigation. International Summer Meeting of the American Society of Agriculture Engineers, paper No. 922090.
16. Phene, C.J., and R. Ruskin 1995 Nitrate management with subsurface drip irrigation, ASAE. PP. 159-162.
17. Solomon, K.H. and G. Jorgensen. 1993. Subsurface Drip Irrigation, The Center for Irrigation Technology (CIT).
18. Zoldoske, D.F., S. Genito, and G.S. Jorgensen. 1995. Subsurface Drip Irrigation (SDI) in Turfgrass, Irrigation note, California State University.

Evaluation of the efficiency of Sub-surface irrigation in pistachio yield and growth

M. T. Dastorani^{*} – M.A. Sadeghzadeh – M. Heshmati¹

Abstract

Irrigation water quantity and quality limitation is the main problem of agricultural development in the research area (Rafsanjan Pistachio orchards). This research project was designed to compare the applicability of two different types of irrigations including surface irrigation (which is traditionally used by local farmers) and sub-surface irrigation using pricked-pipe covered with plastic cloth (as a new method in this region). For this purpose two plots each one containing 48 pistachio trees and about 720 m² area were selected in a orchard and both plots were irrigated using exactly equal quantity and quality of water for 2 years. At the end of the second year the yield in plots was harvested separately and compared. The weight of fresh and also dried crop in sub-surface irrigation plot to those of surface irrigation plot was respectively 1.895 and 2. Another parameter measured for the trees of two plots was the annual shoot growth. The value of Plot Growth Index (PGI) in surface irrigation plot was calculated 2237.5 cm where in sub-surface irrigation plot it was 4580.5 cm. In addition, the dried weight of weed grown in surface irrigation plot was 82kg where it was only 21 kg in sub-surface irrigation plot. These results show the considerable difference in efficiency of two irrigation systems, and relatively higher preference of sub-surface system to the traditionally used surface method. Comparison between results of this research and the findings of Burt (1996) recommends what has been found here, and also it shows the positive role of subsurface irrigation on irrigation uniformity, irrigation efficiency and also considerable reduction on incidence of *Alternaria* disease.

Keywords: Pistachio, Sub-surface Irrigation, Irrigation Efficiency, Agricultural Water Management, Irrigation Systems, Water use Efficiency (WUE).

* Corresponding author Email: dastorani@yazduni.ac.ir

1- Contribution from Yazd University and Vali-asr University of rafsanjan