نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۲، مرداد - شهریور ۱۳۹۷، ص. ۶۱۰-۵۹۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 12, Agu.-Sep. 2018, p. 599-610

اثرمدیریت آبیاری به‌همراه تزریق ژل فراجاذب و مواد آلی برکارایی مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی پرتقال رقم تامسون

علی طاهری امیری[۱]، محمدعلی غلامی سفیدکوهی[*۲] ومحمود رائینی سرجاز[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۳

چکیده

استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی به‌ویژه آب باعث توسعه کشاورزی پایدار و امنیت غذایی خواهد شد. از این‌رو، مدیریت مناسب رطوبت خاک و استفاده ازشیوه‌های جدید برای حفظ و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک حایز اهمیت است. این پژوهش با بررسی اثرمدیریت آبیاری به‌همراه تزریق ژل فراجاذب و مواد آلی بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب پرتقال رقم تامسون انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در قطعه باغی در شهرستان میان‌درود واقع در استان مازندران طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا شد. سه مدیریت آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان عامل اصلی و دو عمق تزریق ژل ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر به‌عنوان عامل فرعی و سطوح مواد آلی و فراجاذب شامل استفاده ازفرا جاذب، مواد آلی ورمی‌کمپوست، ترکیب مواد آلی وفراجاذب و شاهد (عدم مصرف) به‌عنوان عامل فرعی – فرعی بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین وزن و حجم میوه برای مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. هم‌چنین، بیش‌ترین قطر، وزن و حجم میوه برای مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با مصرف توام و ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست حاصل شد. طبق یافته‌ها در اثرمتقابل تیمارها رابطه عکس بین قطر، وزن و حجم میوه با مواد جامد محلول (درصد TSS) مشاهده شد. طبق یافته‌ها اثرمتقابل سه‌گانه تیمارها با کاهش مصرف آب بر اساس نیاز آبی گیاه طول شاخه جوان، سطح برگ، pH، چگالی رشد، کارایی مصرف آب، عملکرد درخت و عملکرد در هکتار کاهش معنی‌داری را نشان دادند که اثر منفی آن در شرایط تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر و عدم مصرف مواد آلی بیش‌تر بود. بالاترین میزان کارایی مصرف آب (۱۶/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی با تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر و مصرف ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست حاصل شد. هم‌چنین، حداکثر عملکرد درخت برای مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر با مصرف سوپرجاذب، ورمی‌کمپوست و مصرفی ترکیبی هر دو ماده تولید شد. بیش‌ترین عملکرد در هکتار درمدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر با مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۴۴/۰۳ و ۴۶ تن در هکتار) به‌دست آمد. با توجه به یافته‌ها می‌توان بیان کرد که استفاده ترکیبی از سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست می‌تواند با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک به افزایش کارایی مصرف آب و در نتیجه بهبود عملکرد کمی و کیفی پرتقال شود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، درصد TSS، عملکرد، نیاز آبی، ورمی‌کمپوست

مقدمه

خشک‌سالی‌های پی‌درپی و کمبود آب به‌ویژه در فصل تابستان، مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات زراعی و باغی در ایران است. از این‌رو، مدیریت مناسب رطوبت خاک و کاربرد تکنیک‌های توسعه یافته برای حفظ و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک بسیار با اهمیت است (ابراهیمی، ۱۳۹۴؛ نجفی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). برخی مواد نظیر بقایای گیاهی، کود دامی، کود کمپوست و هیدروژل‌های پلیمری فراجاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب را در خود ذخیره کنند و قابلیت نگهداری و ذخیره‌سازی آب را در خاک افزایش دهند تا آب ذخیره شده در این مواد در زمان کم‌آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار گیرد (Chatzopoulos et al., 2000).

اسدی کنگرشاهی و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی اثر توام روش‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی با مصرف متعادل کودهای شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی مرکبات در منطقه نکا گزارش کردند که عملکرد متوسط به ازای هر درخت از ۱۷۱/۶ کیلوگرم در

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(* - نویسنده مسئول: ma.gholami@sanru.ac.ir)

آبیاری سطحی به ۱۸۶/۷ کیلوگرم در آبیاری قطره‌ای افزایش یافت که از نظر آماری معنی‌دار بود، در حالی‌که کارآیی مصرف آب در آبیاری سطحی ۵/۵ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب بود. در واقع این رقم به ازای هر مترمکعب آب در آبیاری قطره‌ای ۸/۵ کیلوگرم افزایش عملکرد را نشان داد. قدیری و همکاران(۱۳۹۲) با بررسی اثر پلیمرفراجاذب استاکوزورب[1] بر ویژگی‌های خاک، نظیر ظرفیت نگهداری آب و تخلخل خاک، در سه خاک بابافت‌هایسبک، متوسط و نیمه‌سنگین،دریافتندکه افزودن ماده فراجاذب به هر سه خاک موجب افزایش جذب رطوبت توسط خاک، نسبت به تیمار شاهد شده است. هم‌چنین، استفاده از پلیمر استوکوزورب در خاکی با بافت نیمه‌سنگین عملکرد بالاتری در جذب و نگهداشت رطوبت درمقایسه با خاک‌هایی با بافت‌های سبک و متوسط داشت. محققان با بررسی تاثیر هیدروژل استاکوزورب بر رشد و عملکرد محصول در درختان مرکبات چهار ساله در شش تیمار ۰ تا ۱۲۰ گرم در هر درخت بیان کردند که تیمار ۶۰ گرم در هر درخت، با ۲۸۳ میوه در هر درخت، با اختلاف معنی‌داری بیش‌ترین مقدار را دربین تیمارها نشان داد. در این تیمار ظرفیت نگهداری آب در خاک از ۱۹/۶۵ به ۳۰/۸ درصد افزایش داشت و میزان رشد درخت مرکبات نیز نسبت به تیمار شاهد قابل ملاحظه بود. هم‌چنین، هیدروژل استاکوزورب می‌تواند تا ۱۵ روز، رطوبت قابل دسترس را اختیار گیاه قرار دهد (Pattanaaik et al.,2015a). علاوه بر این، با بررسی هیدروژل استاکوزورب روی درخت لیمو نشان دادند که تیمار ۱۰۰گرم در هر درخت، بیش‌ترین تفاوت معنی‌دار را در مقایسه با سایر تیمارها داشته وظرفیت نگهداری آب در خاک از۲۸/۷۴ به ۳۴/۶۳ درصد افزایش یافت. هیدروژل استاکوزورب می‌تواند تا ۱۵ روز، رطوبت قابل دسترس را اختیار گیاه قرار دهد (Pattanaaik et al., 2015b).

در مطالعه‌ای دیگر با کمک روش ترکیبی هوا دهی و کود شیمیایی ومالچ توسط دستگاه بیولیفت بر روی ریشه‌های درختان افرا توانست مشکل فشردگی خاک و نفوذپذیری آب و جذب مواد غذایی را بهبود ببخشد (Mcintyre,2011). نورجو و محمدی مزرعه (۱۳۸۷)گزارش کردند با کاربرد زیرشکن در زمین‌های کشاورزی می‌توان میزان دورهای آبیاری را زیاد کرد، که این امر باعث کاهش تلفات آب آبیاری وافزایش ذخیره رطوبتی خاک و حفظ خواص فیزیکی خاک وتوسعه ریشه گیاهان شد. شیردل و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی روی گیاه کیوی با کمک دستگاه بیولیفت[2] از طریق تزریق خاکیکودهای آهن و ماده آلی حل شده در اسیدسولفوریک، دریافتند که این روش سریع‌ترین راه برای رفع کلروز آهن است. ترابی و همکاران (۱۳۹۲)، به منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و مقادیر مختلف فراجاذب زئولیت[3] بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای نسبی آبسورگوم، گزارش کردند که علوفه تر و خشک، ارتفاع بوته و محتوای نسبی آب تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند. به‌طور کلی مصرف فراجاذب در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سطوح آبیاری کم‌تر از ظرفیت زراعی به افزایش ۲۰ درصدی عملکرد منجر شد. محمدی ترکاشوند و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی چند ماده آلی و یک فراجاذب رطوبت بر آب قابل استفاده و تاخیر در نقطه پژمردگی دایم گزارش کردند که بیش‌ترین وزن خشک اندامهوایی در تیمار ۳۰ درصد کمپوست زباله شهری و ضایعات برنج در دور آبیاری ۳۶ ساعت مشاهده شد، اما در دور آبیاری ۱۶۸ ساعت، و زنخشک کاهش یافت و بیش‌ترین وزن خشک مربوط به تیمار فراجاذب بود. با توجه به یافته‌های سایر محققان می‌توان بیان کرد که اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته به‌منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک از جمله اقدامات موثر برای افزایش کارایی آبیاری در نتیجه بهبودبهره‌برداری از منابع محدود آب است. هم‌چنین، امکان استفاده ازضایعات آلی کشاورزی و یا فرا جاذب‌های مصنوعی علاوهبر اثرات مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌تواند گامیاساسی در جلوگیری از اثرات احتمالی زیست محیطی ضایعاتکشاورزی باشد. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی سه مدیریت آبیاری به‌همراه تزریق ژل فراجاذب و مواد آلی بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب پرتقال رقم تامسون در منطقه میان‌درود استان مازندران بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قطعه باغی به مساحتیک هکتار واقع در روستای زید در شهرستان میان‌درود طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵اجرا شد. شهرستان میان‌درود در قسمت شمالی رشته‌کوه‌های البرز و جنوب دریای خزر واقع در شمال ایران و در استان مازندران قرار دارد. محل اجرای آزمایش در امتداد ساحل دریای خزر با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۲ درجه شرقی قرار دارد. نمونه‌برداری خاک قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و ۳۰ الی ۶۰ سانتی‌متر انجام شد. نتایج آزمون خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارایه شد.

1-Stockosorb
2-Biolift
3-Zeolite

جدول ۱-ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش قبل از کاشت

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	کربن آلی (٪)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی ($ds\ m^{-1}$)	کاتیون قابل تبادل
۰-۳۰	رسی	۱/۲	۴۷۷	۴۸/۲۲	۷/۵۱	۰/۸۷	۱۴
۳۰-۶۰	رسی	۰/۸۹	۲۸۶	۲۲/۹۷	۷/۶	۰/۷۸	۱۲

آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بارخرد شده درقالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد.سه مدیریت آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان عامل اصلی و دو عمق تزریق ژل ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر به‌عنوان عامل فرعی و سطوح مواد آلی و فراجاذب شامل استفاده از فراجاذب نوع فلوکونی[1](۴۰۰ گرم برای هر درخت)، مواد آلی ورمی‌کمپوست (دو کیلوگرم برای هر درخت)، ترکیب مواد آلی و فراجاذب (۲۰۰ گرم فراجاذب و یک کیلوگرم ورمی‌کمپوست) وشاهد (عدم مصرف) به‌عنوان عامل فرعی –فرعی در نظر گرفته شدند.

درختان مرکبات رقم تامسون ۱۰ساله برای انجام این پژوهش انتخاب شدند. هر درختیک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. سن درختان یکسان بود که این موضوع از طریق شناسنامه باغبانی مورد تایید سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران و هم‌چنین با توجه به اظهارات مالک زمین کنترل شد. ضمنا شرایط موجود باغ از نظر شکل و اندازه و رشد درختان نیز موئد این موضوع است. باتوجه به فاصله کشت ۵×۵ متر برای هر درخت، در مجموع ۷۲ درخت که دارای شکل ظاهری، ابعاد و اندازه تقریبا یکسان بودند برای اجرای آزمایش در نطر گرفته شد.

مواد آلی و فراجاذب در چهار نقطه از سایه‌انداز درخت قرار گرفتند. به طوری‌که به سامانه ریشه آسیب نرسد.

برای اندازه‌گیری صفت‌های کیفی نمونه‌های سه کیلوگرمی از هر یک از تیمارها و تکرارهای مذکور به آزمایشگاه ارسال و صفت‌های مورد اندازه‌گیری روی درختان شامل چگالیرشد، طول سرشاخه‌های جوان، سطح برگ،قطر متوسط میوه، وزن متوسط میوه، عملکرد متوسطدر هر درخت و عملکرد درهکتار اندازه‌گیری شد (خرمیان، ۱۳۹۴؛ اسدی کنگرشاهی، ۱۳۸۳). هم‌چنین، صفات کیفی نظیر اسیدیته کل، pH، فسفر و TSS اندازه‌گیری شد. فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتری MAPADA مدل V-1100در طول موج ۸۸۰ اندازه‌گیری شد. اسیدیته نیز به روش تیتراسیون NaOH یک دهم نرمال با معرف فنل فتالئین و مواد جامد محلول با رفرکتومتر چشمی اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی از روش‌های استاندارد ارایه شده توسط سازمان خواربار جهانی FAOو برنامه Cropwat استفاده شد. با توجه به وجود ایستگاه هواشناسی دشت‌ناز در فاصله ۱/۹ کیلومتری محل پژوهش، از آمار هواشناسی روزانه در طول۱۴ سال آماری (۱۳۸۰ تا۱۳۹۴) این ایستگاه استفاده شد.

مطابق تقویم آبیاری، برای کل دوره رشد و بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی به ازای هر درخت ۸ عدد قطره‌چکان با دبی ۴ لیتر در ساعت محاسبه شد.در جهت سهولت عملیات آبیاری در شرایط مزرعه‌ای، مدت زمان آبیاری برای کلیه تیمارهایکسان ولی حجم آب آبیاری متفاوت بوده بطوری‌که برای تیمار آبیاری ۷۵٪ نیاز آبی، تعداد ۶ قطره‌چکان و برای تیمار ۵۰٪ نیاز آبی نیز ۴ عدد در نظر گرفته شد.

علاوه بر این برای کنترل محاسباتمیزان رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی با استفاده از روش مزرعه‌ای (علیزاده، ۱۳۷۶) و میزان مکش خاک با استفاده از تانسیومتر اندازه‌گیری شدند.

عملیات داشت نظیر کوددهی، سم‌پاشی، مبارزه با علف‌های هرز و سایر عملیات زراعی برای همه تیمارها انجام شد. با محاسبه مقدار آب مصرفی و میزان محصول برای هر تیمار، کارایی مصرف آب(کیلوگرم بر مترمکعب) محاسبه شد.تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شامل آزمون نرمال بودن، آزمون بارتلت، تجزیه مرکب و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

برای ارزیابی صفات مورد مطالعه، ابتدا داده‌های حاصل با استفاده از آزمون متجانس بودن واریانس‌ها به روش بارتلت سنجیده شدند. نتایج حاصل نشان داد صفات مورد بررسی در آزمون بارتلت معنی‌دار نبودند. بنابراین، تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس تجزیه مرکب انجام شد. یافته‌های جدول ۲ و ۳ نشان داد که صفات طول سرشاخه جوان، سطح برگ، قطر میوه، وزن میوه، حجم میوه، pH، اسیدیته کل، چگالی رشد، درصدTSS، کارایی مصرف آب، عملکرد درخت و عملکرد در هکتار از نظر آماری تحت اثر ساده مدیریت آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جداول ۲ و ۳).

1-Flocon

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب مدیریت آبیاری، عمق تزریق ژل و مواد آلی بر صفات کمی پرتقال تامسون

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول سرشاخه جوان	سطح برگ	قطر متوسط میوه	وزن متوسط میوه	حجم میوه	pH	اسیدیته	چگالی رشد
سال (Y)	۱	۰/۶۸^{ns}	۰/۰۰۰۰^{ns}	۸/۶۱^{ns}	۲۸/۴۳^{ns}	۷/۵۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۲*	۰/۰۰۱**
Y×R	۲	۰/۸۹	۰/۳۳	۳۳/۴۰	۹۸/۸۹	۶۶/۴۰	۰/۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱
مدیریت آبیاری (I)	۲	۱۹۵/۴۴**	۱۰/۱۷**	۸۶۲/۰۱**	۱۲۰۶۷۹/۵۲**	۹۹۵۱۲/۴۶**	۰/۱۹**	۰/۰۹**	۰/۰۲**
Y×I	۲	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۴۴^{ns}	۶/۵۹^{ns}	۳/۶۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطا	۸	۰/۶۱	۰/۱۲	۶/۴۶	۱۴/۸۸	۸۱/۸۹	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۰۱
عمق تزریق (D)	۱	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۶*	۱۱/۲۱*	۲۱۹۳/۳۶**	۶۰۴۱/۰۵**	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۸**	۰/۰۰۲^{ns}
Y×D	۱	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱/۷۴^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۴/۲۳^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۲*	۰/۰۰۲^{ns}
I×D	۲	۳/۱۸**	۰/۳۵**	۵/۷۶^{ns}	۳۵۱/۰۵**	۴۲۳/۰۲**	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۶*
Y×I×D	۲	۰/۰۷^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۶۳^{ns}	۸/۹۰^{ns}	۴/۸۵^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطا	۱۲	۰/۶۹	۰/۰۲	۱/۹۶	۱۴/۸۱	۵۸/۳۵	۰/۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۴
ماده آلی (M)	۳	۳۴/۰۳**	۰/۰۸*	۴۵/۵۴**	۲۷۲۷/۸۳**	۲۴۴۴/۲۸**	۰/۳۰**	۰/۰۳**	۰/۰۰۲^{ns}
Y×M	۳	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۵/۱۷^{ns}	۵/۶۸^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۵^{ns}
I×M	۶	۱۵/۲۱**	۰/۴۰**	۲۰/۸۰**	۹۸۶/۷۴**	۱۴۱۷/۹۵**	۰/۰۴*	۰/۰۱*	۰/۰۰۳*
Y×I×M	۶	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۳/۸۱^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
D×M	۳	۸/۹۲**	۰/۰۷*	۰/۶۳^{ns}	۴۳/۸۲^{ns}	۱۵/۷۸^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
Y×D×M	۳	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۴۱^{ns}	۱/۹۰^{ns}	۳/۸۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}
I×D×M	۶	۰/۹۶*	۰/۰۹**	۶/۰۵^{ns}	۵۱/۹۰^{ns}	۷۲/۱۴^{ns}	۰/۰۴*	۰/۰۱*	۰/۰۰۳*
Y×I×D×M	۶	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۳۸^{ns}	۲/۱۶^{ns}	۰/۹۰^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطا	۷۲	۰/۳۵	۰/۰۳	۳/۶۵	۳۱۲۹/۶۷	۴۲/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۳/۹۲	۰/۹۰	۲/۳۸	۲/۶۰	۲/۴۵	۴/۴۸	۶/۸۵	۱/۳۲

ns، * و ** - به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب مدیریت آبیاری، عمق تزریق ژل و مواد آلی بر صفات کمی و کیفی پرتقال تامسون

منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفر	TSS	کارایی مصرف آب	عملکرد	عملکرد در هکتار
سال (Y)	۱	۰/۱۶^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۷/۲۲^{ns}	۱۷/۵۸**
Y×R	۲	۰/۰۹	۰/۱۸	۲/۲۸	۳۰/۹۴	۲۵/۴۱
مدیریت آبیاری (I)	۲	۰/۱۶^{ns}	۲/۰۴**	۷۳/۴۰**	۴۲۲۱۹/۶۲**	۶۷۶۱/۵۲**
Y×I	۲	۰/۲۵^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۲۵/۵۵*	۱۲/۲۲**
خطا	۸	۰/۴۵	۰/۰۵	۰/۷۶	۶۱/۵۸	۵/۰۸
عمق تزریق (D)	۱	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۳۱*	۱۱/۲۷**	۸۰۱/۶۰**	۱۱۹/۷۰**
Y×D	۱	۰/۱۰^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۹۶^{ns}	۰/۰۵^{ns}
I×D	۲	۰/۱۲^{ns}	۰/۱۸*	۱/۶۴**	۲۳۴/۶۳**	۴/۰۴*
Y×I×D	۲	۰/۱۹^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۵/۰۶^{ns}	۵/۳۸*
خطا	۱۲	۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۱۶	۳/۵۶	۰/۴۳
ماده آلی (M)	۳	۰/۱۵^{ns}	۰/۹۲**	۱۲/۱۰**	۳۲۱/۵۶**	۴۶/۹۷**
Y×M	۳	۰/۰۴^{ns}	۰/۳۴**	۰/۰۴^{ns}	۲/۳۷^{ns}	۱/۳۸^{ns}
I×M	۶	۰/۳۲^{ns}	۰/۱۵*	۰/۷۵*	۶۹/۴۴**	۱۲/۱۵**
Y×I×M	۶	۰/۳۳^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۱/۵۳^{ns}	۱/۱۱^{ns}
D×M	۳	۰/۰۴^{ns}	۰/۱۵*	۰/۸۴*	۸۹/۹۷**	۱۱/۸۱**
Y×D×M	۳	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۳/۰۰^{ns}	۱/۸۶^{ns}
I×D×M	۶	۰/۵۶*	۰/۰۹^{ns}	۰/۷۴*	۵۳/۵۲**	۶/۲۳**
Y×I×D×M	۶	۰/۱۹^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۱/۶۱^{ns}	۱/۱۰^{ns}
خطا	۷۲	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۳۲	۹/۷۰	۱/۵۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۱/۲۱	۲/۳۴	۴/۰۰	۴/۰۳	۳/۹۲

ns، * و ** - به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ٤- اثرمتقابل مدیریت آبیاری و عمق تزریق مواد آلی بر وزن متوسط میوه، حجم میوه و درصد TSS پرتقال تامسون

اثرمتقابل	وزن میوه (گرم)	حجم میوه (سانتی‌متر مکعب)	درصد TSS
I_1D_1	۲۹۳/۷۱ a	۳۰۲/۰۱ a	۱۰/۵۱ d
I_1D_2	۲۸۰/۲۹ b	۲۹۰/۷۷ c	۱۰/۵۰ d
I_2D_1	۲۷۸/۹۶ bc	۲۹۵/۹۴ b	۱۰/۶۰ c
I_2D_2	۲۷۶/۳۳ bc	۲۸۷/۸۸ cd	۱۰/۸۳ b
I_3D_1	۱۹۹/۵۴ c	۲۲۵/۱۶ d	۱۰/۸۸ ab
I_3D_2	۱۹۲/۱۷ d	۲۰۵/۶۰ e	۱۰/۹۵ a

*: حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

I_1، I_2 و I_3: به‌ترتیب مدیریت آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه. D_1 و D_2: به‌ترتیب تزریق ژل در عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک.

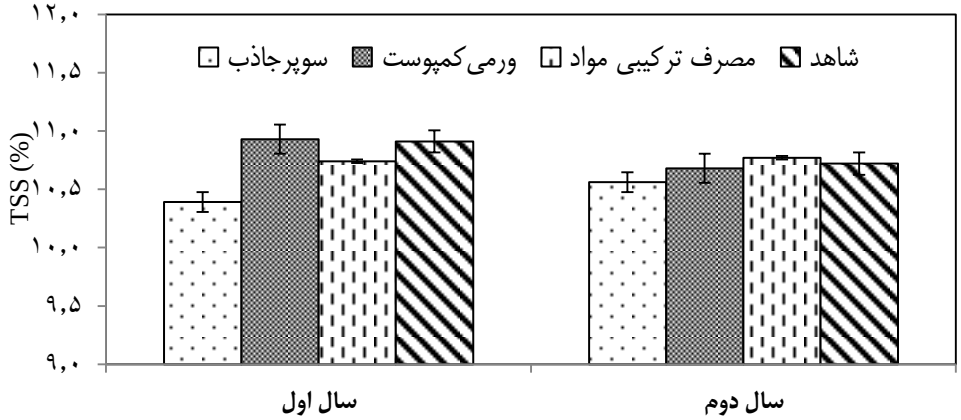
علاوه بر این، برای اثر ساده عمق تزریق ژل صفات سطح برگ، قطر میوه و درصد TSS در سطح احتمال پنج درصد و صفات وزن میوه، حجم میوه، اسیدیته کل، کارایی مصرف آب، عملکرد درخت و عملکرد در هکتار در سطح احتمال یک درصد تفاوت آماری معنی‌دار را نشان دادند. هم‌چنین، تمامی صفات مورد بررسی به غیر از صفات چگالی رشد و درصد فسفر میوه تحت اثر ساده مواد آلی در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شدند (جداول ۲ و ۳).

در اثرمتقابل سال در مدیریت آبیاری نیز تنها دو صفت عملکرد درخت و عملکرد در هکتار به‌ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار شدند. تنها صفت اسیدیته کل تحت اثرمتقابل سال در عمق تزریق ژل در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت. هم‌چنین، تمامی صفات مورد بررسی به غیر از قطر میوه، pH و اسیدیته کل تحت اثرمتقابل مدیریت آبیاری و عمق تزریق ژل معنی‌دار شدند. علاوه بر این، تنها صفت عملکرد در هکتار تحت اثرمتقابل سه‌گانه سال در مدیریت آبیاری در عمق تزریق ژل در سطح احتمال پنج درصد اختلاف آماری معنی‌دار را نشان داد. برای اثرمتقابل سال در ماده آلی نیز تنها صفت درصد TSS در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین، تمامی صفات مورد بررسی به غیر از صفت

درصد فسفر میوه تحت اثرمتقابل دوگانه مدیریت آبیاری در ماده آلی در سطوح احتمال پنج و یک درصد اختلاف آماری معنی‌داری را نشان دادند. از بین صفات مورد بررسی تنها صفات طول سرشاخه جوان، سطح برگ، درصد TSS، کارایی مصرف آب، عملکرد درخت و عملکرد در هکتار تحت اثرمتقابل عمق تزریق ژل و ماده آلی قرار گرفتند. تحت اثرمتقابل سه‌گانه مدیریت آبیاری در عمق تزریق ژل و مواد آلی نیز صفات طول سرشاخه جوان، pH، اسیدیته کل، چگالی رشد، درصد فسفر میوه و کارایی مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد و صفات سطح برگ، عملکرد درخت و عملکرد در هکتار در سطح احتمال یک درصد اختلاف آماری معنی‌دار را نشان دادند (جداول ۲ و ۳).

مقایسه میانگین اثرمتقابل دوگانه مدیریت آبیاری و عمق تزریق ژل نشان داد که بیش‌ترین وزن میوه (۲۹۳/۷۱ گرم) و حجم میوه (۳۰۲/۰۱ سانتی‌مترمکعب) برای مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۴). کم‌ترین وزن (۱۹۲/۱۷ گرم) و حجم میوه (۲۰۵/۶ سانتی‌مترمکعب) در مدیریت آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر حاصل شد. با توجه به یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش آب آبیاری، وزن و حجم میوه کاهش یافته که اثر آن در عمق تزریق ۶۰ سانتی‌متر بیش‌تر است. در واقع، تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک اثر منفی کمبود نیاز آبی گیاه را در مقایسه با تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر بهتر جبران کرد (جدول ۴). بر خلاف وزن و حجم میوه، درصد TSS با کاهش نیاز آبی گیاه و با تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر افزایش یافت که نشان می‌دهد رابطه عکس بین وزن و حجم میوه با درصد TSS وجود دارد. در واقع، بالاترین درصد TSS (۱۰/۹۵ درصد) مربوط به مدیریت آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر و پایین‌ترین درصد TSS (۱۰/۵۱ و ۱۰/۵ درصد) برای مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و تزریق ژل در هر دو عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر خاک مشاهده شد (جدول ۴).

یافته‌های شکل ۱ مقایسه میانگین اثر سال و ماده آلی را بر درصد TSS به روش برش‌دهی متقابل نشان می‌دهد. در سال اول بیش‌ترین درصد TSS مربوط به مصرف ورمی‌کمپوست و تیمار شاهد بود، ولی در سال دوم بالاترین درصد TSS (۱۰/۷۷ درصد) با مصرف توام سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست حاصل شد. در هر دو سال حداقل درصد TSS با کاربرد سوپرجاذب (به‌ترتیب برابر ۱۰/۳۹ و ۱۰/۵۶ درصد) به‌دست آمد (شکل ۱). با توجه به یافته‌ها می‌توان بیان کرد که استفاده از سوپرجاذب می‌تواند با حفظ آب در مدت زمان بیش‌تر به کاهش درصد TSS کمک کند که این نتیجه بیان کننده رابطه عکس بین میزان آب و درصد TSS است.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سال و مواد آلی بر درصد TSS به روش برش‌دهی متقابل

یافته‌های جدول مقایسه میانگین اثرمتقابل دوگانه مدیریت آبیاری و ماده آلی نشان می‌دهد که از نظر آماری بیش‌ترین قطر میوه (۸۴/۱۱ میلی‌متر)، وزن میوه (۲۹۵/۸۳ گرم) و حجم میوه (۳۰۵/۹۹ سانتی‌مترمکعب) برای مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با مصرف توام و ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست حاصل شد (جدول ۵). این نتیجه نشان می‌دهد که با مصرف سوپرجاذب ظرفیت نگهداری آب در خاک افزایش یافته که باعث تسهیل تجزیه مواد موجود در ورمی‌کمپوست شده تا گیاه با مصرف حداقل انرژی با بهره‌وری بالاتر از آن استفاده کند. با توجه به یافته‌ها با کاهش آب مصرفی قطر، وزن و حجم میوه کاهش یافته که کم‌ترین میزان قطر، وزن و حجم میوه برای مدیریت آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه برای تیمار شاهد (عدم مصرف مواد آلی) به‌دست آمد (جدول ۵). در واقع، عدم مصرف مواد آلی به کاهش قطر، وزن و حجم میوه منجر شده که اثر منفی آن با کاهش مصرف آب بر اساس نیاز آبی گیاه محسوس‌تر بود.

طبق یافته‌های جدول ۵ می‌توان بیان کرد که رابطه عکس بین

درصد TSS با قطر، حجم و وزن میوه وجود دارد که علت اصلی آن نیز رابطه معکوس بین میزان آب و درصد TSS است. در واقع، با افزایش میزان آب موجود در میوه بر وزن، قطر و حجم میوه افزوده شده که به کاهش درصد TSS منجر شد (جدول ۵). حداکثر درصد TSS (۱۱/۱۳ و ۱۱/۰۶ درصد) مربوط به مدیریت آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با مصرف ترکیبی مواد و تیمار شاهد بود. حداقل درصد TSS (۱۰/۳۸ درصد) در مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با مصرف سوپرجاذب حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۵- اثرمتقابل مدیریت آبیاری و مواد آلی بر صفات کمی و درصد TSS پرتقال رقم تامسون

اثرمتقابل	قطر میوه (میلی‌متر)	وزن میوه (گرم)	حجم میوه (سانتی‌متر مکعب)	درصد TSS
I_1M_1	۸۳/۴۸ ab	۲۸۴/۱۷ b	۲۹۰/۲۵ abc	۱۰/۳۸ d
I_1M_2	۸۲/۶۳ b	۲۸۹ ab	۲۹۸/۱۹ ab	۱۰/۵۳ bc
I_1M_3	۸۴/۱۱ a	۲۹۵/۸۳ a	۳۰۵/۹۹ a	۱۰/۴۹ c
I_1M_4	۸۱/۹۳ abc	۲۷۹ bc	۲۹۱/۱۳ abc	۱۰/۶۰ abc
I_2M_1	۸۳/۸۰ a	۲۷۹/۵۸ bc	۲۹۴/۰۷ b	۱۰/۵۳ c
I_2M_2	۸۳/۴۵ ab	۲۷۹/۴۲ bc	۲۹۴/۸۹ b	۱۰/۷۵ b
I_2M_3	۸۱/۰۵ abc	۲۸۳/۹۲ b	۲۹۸/۳۸ ab	۱۰/۸۲ ab
I_2M_4	۸۲/۰۴ b	۲۶۷/۶۷ c	۲۸۰/۳۱ c	۱۰/۷۸ b
I_3M_1	۷۸/۴۱ c	۲۱۸/۴۲ d	۲۴۰/۳۶ d	۱۰/۵۱ bc
I_3M_2	۷۴/۰۳ cd	۱۸۸/۵۰ ef	۲۱۰/۳۱ ef	۱۱/۱۳ a
I_3M_3	۷۵/۸۳ cd	۱۹۸/۱۷ e	۲۱۳/۲۴ e	۱۰/۹۷ ab
I_3M_4	۷۳/۶۴ d	۱۷۸/۳۳ f	۱۹۷/۶۳ f	۱۱/۰۶ a

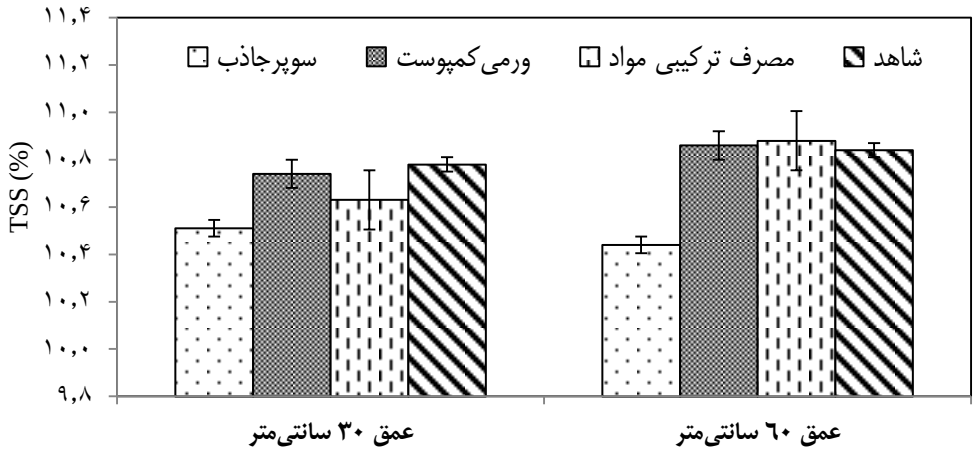
*: حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

I_1، I_2 و I_3: به‌ترتیب مدیریت آبیاری برابر ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه.

D_1 و D_2: به‌ترتیب تزریق ژل در عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک.

M_1، M_2، M_3 و M_4: به‌ترتیب مصرف سوپرجاذب، ورمی‌کمپوست، مصرف ترکیبی سوپرجاذب با ورمی‌کمپوست و عدم مصرف (شاهد).

با توجه به یافته‌های شکل ۲ مربوط به اثرمتقابل عمق تزریق ژل و نوع ماده آلی می‌توان دریافت که بیش‌ترین درصد TSS مربوط به تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر با مصرف ورمی‌کمپوست، مصرف ترکیبی سوپرجاذب با ورمی‌کمپوست و تیمار شاهد (به‌ترتیب ۱۰/۸۶، ۱۰/۸۸ و ۱۰/۸۴ درصد) به‌دست آمد. کم‌ترین درصد TSS (۱۰/۴۴ درصد) نیز مربوط تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر و کاربرد سوپرجاذب بود (شکل ۲).



شکل ۲- اثرمتقابل عمق تزریق ژل و کاربرد مواد آلی بر درصد TSS پرتقال تامسون

جدول ٦- اثرمتقابل سه‌گانه مدیریت آبیاری، عمق تزریق ژل و کاربرد مواد آلی بر صفات کمی و کیفی پرتقال تامسون

اثرمتقابل	طول سرشاخه جوان (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر)	pH	اسیدیته کل	چگالی رشد (مترمکعب)	فسفر (درصد)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد درخت (کیلوگرم)	عملکرد نهایی (تن در هکتار)
$I_1D_1M_1$	۱۵/۶۷ abc	۵/۸۷ a	۳/۰۷ a	۰/۸۸ b	۰/۹۶ a	۳۷/۸۵ ab	۱۵/۱۲ ab	۱۰۸/۶۷ a	۴۲/۵۰ ab
$I_1D_1M_2$	۱۸/۸۲ a	۵/۸۸ a	۲/۸۶ ab	۰/۹۳ ab	۰/۹۵ a	۳۸/۰۲ a	۱۵/۵۱ ab	۱۱۱ a	۴۴/۰۳ a
$I_1D_1M_3$	۱۸/۵۸ a	۵/۷۶ ab	۳/۰۳ a	۱/۰۲ a	۰/۹۴ a	۳۸/۱۲ a	۱۶/۱۴ a	۱۱۴ a	۴۶ a
$I_1D_1M_4$	۱۴/۱۶ bc	۵/۸۵ a	۲/۸۸ ab	۰/۹۲ ab	۰/۹۶ a	۳۷/۸۸ ab	۱۴/۷۷ b	۱۰۲/۰۸ ab	۴۱/۱۷b
$I_1D_2M_1$	۱۶/۸۴ b	۵/۸۸ a	۲/۹۵ ab	۱/۰۰ ab	۰/۹۶ a	۳۸/۰۲ a	۱۴/۵۷ ab	۹۹/۳۸ ab	۴۱/۰۸b
$I_1D_2M_2$	۱۸/۶۳ a	۵/۹۷ a	۲/۸۲ b	۰/۹۴ ab	۰/۹۵ a	۳۸/۰۳ a	۱۴/۹۷ b	۹۹/۷۵ ab	۴۲/۱۷ ab
$I_1D_2M_3$	۱۸/۱۳ a	۵/۸۳ a	۳/۰۳ a	۰/۹۸ ab	۰/۹۵ a	۳۷/۲۵ b	۱۴/۹۶ b	۱۰۱/۳۳ ab	۴۱/۸۳b
$I_1D_2M_4$	۱۴/۱۷ c	۵/۹۱ a	۲/۹۸ a	۱/۰۲ a	۰/۹۶ a	۳۸/۱۵ a	۱۳/۷۱ abc	۱۰۰/۵۰ ab	۴۰/۸۳b
$I_2D_1M_1$	۱۳/۴۶ d	۵/۷۲ ab	۳/۰۶ a	۰/۹۴ ab	۰/۹۳ ab	۳۷/۹۳ ab	۱۵/۵۶ ab	۱۰۳/۶۷ ab	۴۲/۴۷ ab
$I_2D_1M_2$	۱۵/۸۴ abc	۵/۸۸ a	۲/۸۶ b	۱/۰۰ ab	۰/۹۴ a	۳۸/۱۳ a	۱۴/۷۳ b	۱۰۰/۸۳ ab	۴۰/۳۷b
$I_2D_1M_3$	۱۷/۲۷ ab	۵/۷۴ ab	۳/۰۸ a	۰/۹۷ ab	۰/۹۵ a	۳۷/۴۲ b	۱۵/۱۹ ab	۱۰۴/۶۷ ab	۴۳/۲۷ ab
$I_2D_1M_4$	۱۴/۷۸ c	۵/۹۲ a	۲/۸۸ b	۱/۰۱ a	۰/۹۶ a	۳۷/۸۳ ab	۱۳/۶۳ abc	۹۶/۵۰ b	۴۰/۶۰ ab
$I_2D_2M_1$	۱۶/۱۹ b	۵/۸۸ a	۳/۰۵ a	۰/۹۵ ab	۰/۹۴ a	۳۷/۸۲ ab	۱۴/۶۰ b	۱۰۲/۸۳ ab	۴۰/۵۰b
$I_2D_2M_2$	۱۵/۵۹ abc	۵/۸۵ a	۲/۸۳ b	۱/۰۵ a	۰/۹۴ a	۳۸/۰۰ a	۱۴/۷۲ b	۱۰۱/۱۷ ab	۴۱/۲۰ab
$I_2D_2M_3$	۱۶/۱۸ b	۵/۷۸ ab	۲/۹۷ b	۱/۰۱ a	۰/۹۳ ab	۳۷/۹۸ ab	۱۵/۴۱ ab	۱۰۵/۱۷ ab	۴۱/۶۳b
$I_2D_2M_4$	۱۵/۰۲ bc	۵/۹۴ a	۲/۷۵ bcd	۱/۰۴ a	۰/۹۳ ab	۳۷/۹۰ ab	۱۳/۸۳ abc	۹۶/۶۷ b	۳۸/۶۰ bc
$I_3D_1M_1$	۱۳/۱۶ d	۵/۱۵ abc	۲/۸۵ b	۰/۹۶ ab	۰/۹۱ b	۳۷/۸۷ ab	۱۳/۹۲ abc	۷۸/۸۳ c	۳۳/۴۰ c
$I_3D_1M_2$	۱۳/۰۲ de	۴/۹۸ abc	۲/۹۳ b	۱/۰۳ a	۰/۹۲ b	۳۷/۹۵ ab	۱۲/۹۵ bc	۶۶/۴۶ cd	۲۹/۲۵ cd
$I_3D_1M_3$	۱۳/۷۴ d	۵/۷۷ ab	۲/۹۰ b	۱/۰۱ a	۰/۹۲ b	۳۸/۱۲ a	۱۳/۴۷ abc	۶۷/۰۸ cd	۳۰/۱۲ c
$I_3D_1M_4$	۱۲/۸۹ de	۴/۹۰ abc	۲/۶۶ d	۱/۰۶ a	۰/۹۱ b	۳۷/۹۷ ab	۱۱/۹۰ c	۶۱/۵۰ d	۲۷/۴۲ d
$I_3D_2M_1$	۱۳/۴۵ d	۴/۹۷ abc	۲/۹۸b	۱/۰۲ a	۰/۹۲ b	۳۷/۹۳ ab	۱۲/۵۶ bc	۶۴/۰۸ cd	۲۸/۵۳ cd
$I_3D_2M_2$	۱۲/۱۳ f	۴/۹۱ abc	۲/۷۶ bcd	۱/۱۴ a	۰/۹۱ b	۳۷/۹۳ ab	۱۲/۴۰ bc	۶۴/۵۸ cd	۲۸/۵۸ cd
$I_3D_2M_3$	۱۲/۵۶ e	۵/۰۸ abc	۲/۸۷ bc	۱/۰۹ a	۰/۹۱ b	۳۸/۲۷ a	۱۲/۵۲ bc	۶۲/۳۸ cd	۲۷/۴۰ d
$I_3D_2M_4$	۱۲/۳۲ ef	۴/۷۸ c	۲/۷۳ bcd	۱/۰۷ a	۰/۹۱ b	۳۷/۸۸ ab	۱۱/۹۳ c	۶۰/۸۳ d	۲۶/۳۳ d

*: حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

I_1، I_2 و I_3: به‌ترتیب مدیریت آبیاری برابر ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه. D_1 و D_2: به‌ترتیب تزریق ژل در عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک.

M_1، M_2، M_3 و M_4: به‌ترتیب مصرف سوپرجاذب، ورمی‌کمپوست، مصرف ترکیبی سوپرجاذب با ورمی‌کمپوست و عدم مصرف (شاهد).

یافته‌های مربوط به جدول ۶ اثرمتقابل سه‌گانه مدیریت آبیاری با عمق تزریق ژل و کاربرد مواد آلی نشان می‌دهد که با کاهش مصرف آب بر اساس نیاز آبی گیاه طول شاخه جوان، سطح برگ، pH، چگالی رشد، کارایی مصرف آب، عملکرد درخت و عملکرد در هکتار کاهش معنی‌داری را نشان دادند که اثر منفیآن در شرایط تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر و عدم مصرف مواد آلی بیش‌تر بود. در واقع مصرف ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست در هر دو عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر موجب بهبود وضعیت رشد و عملکرد گیاه به همراه افزایش کارایی مصرف آب شد که اثر مثبت آن با تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر بالاتر بود (جدول ۶).

طبق یافته‌ها بالاترین میزان کارایی مصرف آب (۱۶/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی با تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر و مصرف ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست حاصل شد (جدول ۶).

کم‌ترین کارایی مصرف آب در مدیریت آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف مواد آلی (شاهد) به‌دست آمد که به‌ترتیب برابر ۱۱/۹ و ۱۱/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود (جدول ۶). هم‌چنین، حداکثر عملکرد درخت مربوط به مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر با مصرف سوپرجاذب، ورمی‌کمپوست و مصرفی ترکیبی هر دو ماده (به‌ترتیب برابر ۱۰۸/۶۷، ۱۱۱ و ۱۱۴ کیلوگرم) تولید شد (جدول ۶). کم‌ترین عملکرد درخت نیز همانند کارایی مصرف آب مربوط به مدیریت آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف مواد آلی (شاهد) مشاهده شد که به‌ترتیب برابر ۶۱/۵ و ۶۰/۸۳ کیلوگرم بود (جدول ۶).

بیش‌ترین عملکرد در هکتار نیز مربوط به مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر با مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۴۴/۰۳ و ۴۶ تن در هکتار) به‌دست آمد که مقدار تولید از نظر عددی برای مصرف ترکیبی مواد بالاتر بود. کم‌ترین عملکرد در هکتار مربوط به مدیریت آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر با مصرف سوپرجاذب، ورمی‌کمپوست و عدم مصرف مواد آلی (شاهد) مشاهده شد که به‌ترتیب برابر ۲۷/۴۲، ۲۷/۴۰ و ۲۶/۳۳ تن در هکتار بود که از نظر عددی پایین‌ترین میزان تولید مربوط به عدم مصرف مواد آلی بود (جدول ۶). طبق یافته‌های اثر متقابل سه‌گانه مدیریت آبیاری، عمق تزریق ژل و کاربرد مواد آلی میزان اسیدیته کل بر خلاف سایر صفات مورد بررسی با کاهش مصرف آب بر اساس نیاز آبی گیاه افزایش نشان داد که تقریبا روند یکنواخت را در هر دو عمق با مصرف مواد مختلف نشان داد (جدول ۶). درصد فسفر میوه که تنها تحت اثرمتقابل سه‌گانه تیمارها معنی‌دار شد در مدیریت‌های مختلف آبیاری و هر دو عمق تزریق ژل روند یکسان را نشان داد که تنها با مصرف مواد آلی تغییرات داشت که با مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست حداکثر درصد فسفر میوه حاصل شد (جدول ۶).

در واقع، یکی از روش‌های کاربردی در علوم آب و خاک استفاده از مواد فراجاذب به‌منظور ذخیره رطوبت در خاک، جلوگیری از اتلاف آن و افزایش کارایی آبیاری است که در بیش‌تر موارد مشکلات مربوط به تنش رطوبتی، می‌تواند به واسطه استفاده از این مواد برطرف گردد. پتانسیل بالای مواد فراجاذب برای جذب و نگهداری آب در یک زمان کوتاه می‌تواند در شرایط کمبود آب، رطوبت نگهداری شده را به‌تدریج رهاسازی کرده تا مورد استفاده گیاه قرار گیرد (زارع حقی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه‌های انجام شده روی تأثیر پلیمرهای فراجاذب در خاک و تحت شرایط کم‌آبی بر برخی گیاهان موفقیت‌آمیز بوده و این خود به‌علت مناسب بودن نسبی قیمت این مواد در برخی کشورها، سهولت ساخت و مصرف و طیف وسیع کاربرد آن‌ها است. هم‌چنین، فراجاذب‌ها قادر به حفظ رطوبت خاک و افزایش محصول هستند (Alessandro., 2008;Pattanaaik et al., 2015b).یکی دیگر از مواد آلی ورمی‌کمپوست بوده که به‌علت داشتن ویژگی‌های مانند تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالا عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی استفاده می‌شود (Arancon et al., 2004). محققان با بررسی تاثیر هیدروژل استاکوزورب بر رشد و عملکرد محصول در درختان مرکبات چهارسالهدر شش تیمار ۰ تا ۱۲۰ گرم در هر درخت بیان کردند که تیمار ۶۰ گرم در هر درخت، با ۲۸۳ میوه در هر درخت، با اختلاف معنی‌داری بیش‌ترین مقدار را دربین تیمارها نشان داد. در این تیمار ظرفیت نگهداری آب در خاکاز ۱۹/۶۵ به ۳۰/۸ درصد افزایش داشته و میزان رشددرخت مرکبات نیز نسبت به تیمار شاهد قابل ملاحظه بود. هم‌چنین، هیدروژل استاکوزورب می‌تواند تا ۱۵ روز، رطوبت قابل دسترس را در اختیار گیاه قرار دهد (Pattanaaik et al., 2015a). اسدی کنگرشاهی و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی اثر توام روش‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی با مصرف متعادل کودهای شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی مرکبات در منطقه نکا گزارش کردند که عملکرد متوسط به ازای هر درخت از ۱۷۱/۶ کیلوگرم در آبیاری سطحی به ۱۸۶/۷ کیلوگرم در آبیاری قطره‌ای افزایش یافت که از نظر آماری معنی‌دار بود، در حالی‌که کارآیی مصرف آب در آبیاری سطحی ۵/۵ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب بود. در واقع این رقم به ازای هر مترمکعب آب در آبیاری قطره‌ای ۸/۵ کیلوگرم افزایش عملکرد را نشان داد.

در گزارش دیگر با بررسی هیدروژل استاکوزورب روی درخت لیمو

نیز نشان دادند که تیمار ۱۰۰گرم در هر درخت،بیش‌ترین تفاوت معنی‌دار را در مقایسه با سایر تیمارها داشته وظرفیت نگهداری آب در خاک از۲۸/۷۴ به ۳۴/۶۳ درصد افزایش یافته و هیدروژل استاکوزورب می‌تواند تا ۱۵ روز، رطوبت قابل دسترس را اختیار گیاه قرار دهد (Pattanaaik et al.,2015b). قدیری و همکاران(۱۳۹۲) با بررسی اثر پلیمرفراجاذب استاکوزورب بر ویژگی‌های خاک، نظیر ظرفیت نگهداری آب و تخلخل خاک، در سه خاک بابافت‌های سبک، متوسط و نیمه‌سنگین دریافتندکه افزودن ماده فراجاذب به هر سه خاک موجب افزایش جذب رطوبت توسط خاک، نسبت به تیمار شاهد شده است. هم‌چنین، استفاده پلیمر استوکوزب در خاکی با بافت نیمه‌سنگین عملکرد بالاتری در جذب و نگهداشت رطوبت درمقایسه با خاک‌هایی با بافت‌های سبک و متوسط داشته است.بر خلاف تلاش‌هایی که تاکنون صورت گرفته است، به‌علت پیچیدگی رابطه آب، خاک، گیاه و گسترده بودن عرصه تولید محصولات کشاورزی، انجام تحقیقاتی از این قبیل ضروری است. از طرفی پژوهش‌های صورت گرفته روی کم‌آبیاری محصولات باغی در ایران، اندک بوده که از جمله می‌توان به مطالعات صورت گرفته روی انگور، هلو، بادام،زیتون و زردآلو اشاره کرد. در واقع، تولید محصولات باغی در مناطق مستعد، یکی از منابع مهم تولید ثروت، مبادلات تجاری و اشتغال به کار ساکنین مناطق روستایی و شهری به‌شمار می‌رود. اهمیت مرکبات به‌خصوص محصول پرتقال در استان‌های شمالی و هم‌چنین محدودیت منابع آبی کشور و کمبود میزان بارندگی در دوره حداکثر نیاز آبی محصول،لزوم اعمال برنامه‌ریزی دقیق برای استفاده بهینه از منابع آب را ایجاب می‌کند (میری و همکاران، ۱۳۹۳).

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌ها می‌توان بیان کرد بیش‌ترین قطر، وزن و حجم میوه برای مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با مصرف توام و ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست حاصل شد. در اثرمتقابل تیمارها رابطه عکس بین قطر، وزن و حجم میوه با مواد جامد محلول (درصد TSS) مشاهده شد. علاوه بر این، با کاهش مصرف آب بر اساس نیاز آبی گیاه، طول شاخه جوان، سطح برگ، pH، چگالی رشد، کارایی مصرف آب، عملکرد درخت و عملکرد در هکتار کاهش معنی‌داری را نشان دادند که اثر منفی آن در شرایط تزریق ژل در عمق ۶۰ سانتی‌متر و عدم مصرف مواد آلی بیش‌تر بود. بالاترین میزان کارایی مصرف آب (۱۶/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی با تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر و مصرف ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست حاصل شد. بیش‌ترین عملکرد در هکتار نیز در مدیریت آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با تزریق ژل در عمق ۳۰ سانتی‌متر با مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ترکیبی سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۴۴/۰۳ و ۴۶ تن در هکتار) به‌دست آمد. بنابراین، استفاده ترکیبی از سوپرجاذب و ورمی‌کمپوست می‌تواند با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک به افزایش کارایی مصرف آب و در نتیجه بهبود عملکرد کمی و کیفی پرتقال شود.

منابع

ابراهیمی،ح و پوردرویشی،ح. ۱۳۹۴. رابطه بین عملکرد ذرت با مصرف آب (نیاز آبی محاسباتی و کمبود رطوبت خاک). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۴. ۹: ۶۱۳-۶۰۵.

اسدی کنگرشاهی،ع.، ملکوتی،م.ج.، امداد،م.ر. ۱۳۸۳. تاثیر روش‌های مختلف آبیاری و مصرف متعادل کود بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در مرکبات.نشریهعلوم خاک و آب. ۱۸. ۲: ۱۹۹-۱۸۹.

ترابی،ع.، فرح‌بخش،مو خواجویی‌نژاد،غ. ۱۳۹۲. بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری و فراجاذب زئولیت بر عملکرد و اجزایعملکرد سورگوم علوفه‌ای. مجله به‌زراعی کشاورزی. ۱۵. ۳: ۱۴-۱.

شیردل،ف.، سمر،س.م.، عبادی،ع.، خلیقی،ا.، چراتی،ع. ۱۳۹۲. اثرات تزریق خاکی سولفات آهن و اسیدسولفوریک و مواد آلی بر رفع کلروز آهن در درختان کیوی (*Actinidiadeliciosa*). نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۸. ۳: ۴۹۸-۴۸۹.

زارع،ح.، نیشابوری،ر.، صادق‌زاده ریحان،ا.، حسن‌پور،ر. ۱۳۹۴. تاثیر پومیس بر ظرفیت نگهداشت آب در خاک، رشد و عملکرد گلرنگ بهاره در شرایط دیم. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۵. ۳: ۲۰۴-۱۹۱.

علیزاده،ا. ۱۳۷۶. رابطه آب، خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا. ۳۵۳ صفحه.

قدیری،م.،شریفان،ح.،هزارجریبی،ا.،حسام،م.،عبدالحسینی،م. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر فراجاذب استوکوزب در سه نوع بافت خاک سبک متوسط و نیمه‌سنگین. اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی. انجمن آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اصفهان: ۱-۷.

محمدی ترکاشوند،ع.،صداقت‌حور،ش و جمال‌پور،ه. ۱۳۹۵. اثرات چند بستر آلی و یک فراجاذب مصنوعی رطوبت بر آب قابل استفاده خاک، تاخیر درنقطه پژمردگی دایم و رشد گیاه لیزیماکیا. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۲۰. ۷۵: ۸۷-۹۹.

میری،ف.س.، شاه‌نظری،ع.، ضیا تبار احمدی،م.خ.،زبردست رستمی،ح. ۱۳۹۳. اثر کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری ناقص ریشه بر عملکرد کمی و کیفی میوه پرتقال. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۸. ۱: ۸۰-۸۶.

نجفی‌نژاد،ح.،طهماسبی سروستانی،ز.ا.،مدرس‌ثانوی،ع.م.، نقوی،ه. ۱۳۹۳. اثر رژیم‌های آبیاری و کاربرد بقایای جو، زئولیت و پلیمر فراجاذب بر راندمان مصرف آب و عملکرد علوفه ذرت و سورگوم در کشت دوگانه در شرایط حداقل خاکورزی. مجله به‌زراعی نهال و بذر.۲-۳۰. ۳:۳۲۷-۳۴۹.

نورجو،ا.،محمدی مزرعه،ح. ۱۳۸۷. تاثیر کاربرد ساب‌سویلر در دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد ذرت دانه‌ایی (رقم۷۰۴). دومین همایش ملی شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایران. دانشگاه اهواز. ۸-۱۰ بهمن.

Alessandro,S.2008. Application of superabsorbent hydrogelsfor the optimization of water resources in agriculture. The 3rdInternational Conference on Water Resources and AridEnvironments and the 1st Arab Water Forum.

Arancon,N., Edwards,C.A., Bierman,P., Welch,C and Metzger,J.D.2004. Influences of Vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology. 93:145-153.

Chatzopoulos,F., Fugit,J.F and Ouillous,L. 2000. Etu deocation function do different parameters dolabsption et alla desorption do Sodium retitule. European Polymer Journal. 36: 51-60.

Mcintyre,J. 2011. Fine root responses to soil decompaction and amendment in red maple (Acer Rubrum). Msc. Thesis.Clemson University.

Pattanaaik,S.K., Wangchu,L., Singh,B., Hazarika,B.N., Singh,S.M and Pandey,A.K. 2015a.Effect of hydrogel on water and nutrient management of Citrus reticulata.Research on crops. 16(1):98-103.

Pattanaaik,S.K., Singh,B., Wangchu,L., Debnath,P., Hazarika,B.N and Pandey,A.K.2015b. Effect of Hydrogel on Water and Nutrient Managementof Citrus limon. International Journal of Agriculture Innovations and Research. 3.5: 1555-1558.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 12, Agu.-Sep. 2018, p. 599-610

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۲، مرداد - شهریور ۱۳۹۷، ص. ۶۱۰-۵۹۹

Effect of Irrigation Management with Injection Superabsorbent Gel and Organic Matter on Water Use Efficiency and Quantitative and Qualitative Yield of Orange (Thompson variety)

A. Taheri Amiri[1], *M.A. Gholami Sefidkouhi[2] and M. Raeini Sarjaz[3]

Recived: Dec.24, 2017 Accepted: Apr.23, 2018

Abstract

Optimal use of agricultural inputs, especially water, will result in sustainable agriculture and food security. Therefore, proper management of soil moisture and the use of new methods to maintain and increase soil moisture storage capacity are important. Thus, the aim of this research was investigation the effect of irrigation management with injection superabsorbent gel and organic matter on water use efficiency and quantitative and qualitative yield of orange. The experiment was carried out as split plot in randomized complete blocks design with three replications in Miyandoroud region, Mazandaran province in 2015 and 2016. Three irrigation management including 100, 75 and 50% of plant water requirement were chosen as main plots and two superabsorbent gel injection depth including 30 and 60 cm were chosen as sub plots and four organic matter level (superabsorbent gel, vermi-compost, combined of organic matter and superabsorbent gel and control treatment were chosen as sub sub plots. The results revealed that the most fruit weight and fruit volume were obtained for 100% of water requirement irrigation management with gel injection in 30 cm of soil depth. Moreover, the maximum fruit diameter, fruit volume and fruit weight was achieved for 100% of water requirement irrigation management with combined applied of organic matter and superabsorbent gel. According to findings of treatments interaction, there were observed the negative correlation between TSS percentage and fruit diameter, fruit volume and fruit weight. Based on triple interaction of treatments, with decrease of water usage based on water requirement the young branch length, leaf area, pH, growth density, WUE, tree yield and yield per hectare were statistically significantly decreased that the negative impact of that at gel injection in 60 cm of soil depth and control treatment was more than other treatments. The highest WUE (16.14 $kg.m^{-3}$) was obtained for 100% of water requirement irrigation management with gel injection in 30 cm of soil depth and combined applied of organic matter and superabsorbent gel. Moreover, the most tree yield was produced with 100% of water requirement irrigation management with gel injection in 30 cm of soil depth and consumption of superabsorbent gel, vermi-compost and combined applied of organic matter and superabsorbent gel. The maximum yield per hectare was achieved by 100% of water requirement irrigation management with gel injection in 30 cm of soil depth and consumption of vermi-compost and combined applied of organic matter and superabsorbent gel (44.03 and 46 ton per hectare, respectively). Therefore, combined applied of organic matter and superabsorbent gel can increase the moisture storage capacity by increasing the WUE and thus improving the quantitative and qualitative yield of orange.

Keywords:TSS percentage, Vermi-compost, Water requirement, Water productivity, Yield

1-Ph.D. Candidate, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2-Associate Professor, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
3-Professor, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
(*-Corresponding Author Email: ma.gholami@sanru.ac.ir)