تأثیر کاربرد ماده زایکوسیل بر میزان آب مصرفی و عملکرد گیاه فلفل قلمی

نگار نورمهناد[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۲۳)

چکیده

با توجه به وضعیت بحران آب در کشور، ارائه راهکارهایی جهت کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی اهمیت زیادی دارد. زایکوسیل ماده‌ای نانوتکنولوژی است که آب‌گریزی فوق‌العاده‌ای در خاک ایجاد می‌کند. به‌منظور بررسی تأثیر آب‌گریزی بر میزان آب مصرفی فلفل، پژوهشی در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی درون میکرولایسیمترهایی با قطر ۲۴ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. فلفل قلمی (*Capsicum annuum* L.) درون آنها نشاء و سپس تیمارها اعمال شدند. تیمارهای $Z_{۲۵}$، $Z_{۵۰}$ و $Z_{۷۵}$ به‌ترتیب شامل پوشش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از مساحت فوقانی خاک درون میکرولایسیمتر توسط زایکوسیل بود که با تیمار شاهد (Ctrl – بدون کاربرد زایکوسیل) در سه تکرار مقایسه شدند. نتایج نشان داد تیمار $Z_{۷۵}$ سبب کاهش ۲۷ درصدی آب مصرفی و افزایش ۶۲ درصدی عملکرد تر میوه شد. دو تیمار $Z_{۲۵}$ و $Z_{۵۰}$ به‌ترتیب سبب افزایش ۵ و ۲۶ درصد عملکرد تر شدند. عملکرد خشک فلفل در تیمارهای، $Z_{۲۵}$، $Z_{۵۰}$ و$Z_{۷۵}$ نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۲، ۱۹ و ۸۰ درصد افزایش داشت. میزان آب مصرفی به‌ازای هر ۲۵ درصد پوشش سطح خاک، ۱۰ درصد کاهش یافت. کارایی مصرف آب نیز در تیمار شاهد کمترین میزان را داشت که برابر ۱/۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود و در تیمار $Z_{۷۵}$ با مقدار ۲/۹۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب، بالاتر از سایر تیمارها بود، بنابراین با توجه به اینکه زایکوسیل، ماده‌ای آب‌گریز است، کاربرد آن در سطح خاک تلفات تبخیر از سطح را کاهش داده و ذخیره موجود برای استفاده گیاه افزایش می یابد و این امر موجب افزایش محصول و کارایی مصرف آب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب‌گریز، کارایی مصرف آب، زایکوسیل، عملکرد، فلفل

۱. گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: negar_nourmahnad@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

فلفل گیاهی گرمادوست و حساس به تنش آبی است. کمبود آب اغلب سبب کاهش تعداد میوه فلفل می‌شود (۸). تنش رطوبتی بیش از ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه فلفل، می‌تواند تأثیر قابل توجهی روی ویژگی‌های اندام هوایی و زمینی آن ایجاد کند (۱۹). در کشورهای جهان سوم انواع فلفل به‌عنوان سبزیجات مهم، بعد از سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی از لحاظ مقدار تولید محسوب می‌شوند. تولید جهانی فلفل با نرخ رشد سالانه پنج درصد، برابر با ۲۸/۴ میلیون تن از ۳/۳ میلیون هکتار زمین، به‌صورت میوه خشک و میوه سبز است (۱۰). عکس‌العمل گیاه فلفل به خشکی در مراحل مختلف رشد، متفاوت است (۱۷).

با توجه به مصرف زیاد آب در بخش کشاورزی، یکی از موضوعات حائز اهمیت برای محققان کشاورزی کاهش آب مصرفی گیاه است به‌گونه‌ای که عملکرد و رشد محصول تغییری نکند. از جمله روش‌های مدیریتی مصرف بهینه آب در مزرعه، می‌توان به حفظ رطوبت پروفیل خاک با استفاده از انواع مالچ ها و اصلاح‌کننده‌های خاک اشاره کرد. مالچ با ایجاد یک پوشش برروی سطح خاک، تلفات تبخیر از سطح خاک را کاهش داده و بنابراین ذخیره موجود برای استفاده گیاه افزایش می‌یابد.

خاک‌های آب‌گریز یا هیدروفوبیک خاک‌هایی هستند که تمایلی به جذب آب ندارند، این خاک‌ها اغلب آب را مدت زمان زیادی روی سطح خود نگه می‌دارند. با توجه به زاویه تماس آب و خاک معمولاً زمان نفوذ آب به درون این خاک‌ها متفاوت است (۵). در خاک‌های آب‌دوست آب در اثر نیروی مویینگی به سطح خاک می‌رسد و از آنجا وارد اتمسفر می‌شود ولی از آنجا که زاویه تماس آب و خاک در خاک‌های آب‌گریز بیشتر از ۹۰ درجه است، بنابراین صعود مویینگی نیز بسیار اندک است و در نتیجه انتظار می‌رود خروج آب نیز از سطح خاک کاهش یابد زیرا که با کاهش رطوبت خاک، رطوبت لایه‌های پایین در اثر صعود مویینگی به سطح خاک می‌رسد و از آنجا وارد اتمسفر می‌شود. قطره‌های آب در تماس با خاک‌های آب‌گریز به‌شکل یک مهره در می‌آیند (۲۲).

آب‌گریزی خاک زمانی اتفاق می‌افتد که خاک به‌طور کامل مرطوب نشود و در موارد شدیدتر نیز آب در طولانی مدت روی سطح خاک باقی می‌ماند (۶ و ۱۶). آب‌گریزی در اثر انرژی آزاد اندک سطح جامد ذرات خاک که موجب جذب ضعیف بین فاز مایع و جامد می‌شود، بروز می‌کند (۱۴).

برخی محققین کاربرد مالچ‌های مختلف را بر عملکرد گیاه، برخی صفات رویشی گیاه و میزان آب خاک و بهره‌وری مصرف آب مورد ارزیابی قرار داده‌اند (۱، ۱۱، ۲۰ و ۲۱) اما تا کنون اثر ماده آب‌گریزی از جمله زایکوسیل بر مصرف آب و رشد گیاه بررسی نشده است.

زایکوسیل محصولی است نانوتکنولوژی، شفاف، قابل حل در آب، نفوذ کننده و واکنشی که اثر آب‌گریزی فوق‌العاده‌ای را ایجاد می‌کند. اندازه نانو زایکوسیل باعث نفوذ عمیق و واکنش با سطح ذرات خاک شده و آن را آب‌گریز می‌کند. زایکوسیل محصولی ضدآب‌کننده با دوام (بیش از ده سال) و بر پایه شیمی ارگانوسیلان و دوست‌دار محیط زیست و بدون حلال‌های مضر است (۲۵). فینک و همکاران (۱۲) نشان دادند که وقتی موم به خاک اضافه می شود؛ در اثر نور خورشید ذوب می‌شود و سطح ذرات خاک را می‌پوشاند یا گاهی منافذ خاک را مسدود می‌کند و سبب آب‌گریزی می‌شود و این موضوع مانع حرکت مویینگی آب در خاک می‌شود. آب در خاک آب‌دوست، به‌سمت بالا حرکت می‌کند و از منافذ عبور می‌کند و به سطح خاک می‌رسد و نهایتاً در اثر گرادیان رطوبت یا دما تبخیر می‌شود. در مقابل در خاک‌های آب‌گریز آب نمی‌تواند از بین منافذ خاک آب‌گریز به بالا حرکت کند و فقط مولکول‌های بخار آب می‌توانند از منافذ عبور کنند. این موضوع سبب افزایش مقاومت پخشیدگی برای مولکول‌های آب در عبور از خاک آب‌گریز می‌شوند (۱۵). برای کنترل تبخیر از خاک، در طول سال‌ها، تلاش‌های بسیاری از طریق کاربرد مستقیم (اسپری) الکل‌های چرب بلند زنجیره در خاک، واکس، پلاستیک و غیره انجام شد. در سال‌های اخیر مالچ پلاستیکی به‌عنوان ماده‌ای مؤثر برای کنترل تبخیر استفاده می‌شود، اما آن نیز دارای اشکالاتی است (به نقل از ۱۵) تجزیه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت	شن	سیلت	رس	چگالی ظاهری	چگالی حقیقی	مواد آلی	ظرفیت زراعی	تخلخل
		(درصد)		(گرم بر سانتی‌متر مکعب)		(درصد)	(گرم بر گرم)	(درصد)
لوم رسی	۲۸	۳۴	۳۸	۱/۴۱	۲/۲۳	۳/۵۲	۰/۳۰	۵۸

جدول ۲. داده‌های شاخص هواشناسی در منطقه آزمایشی در طول دروه رشد

تاریخ	از ۱۱ اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	۱ الی ۱۲ مهر
متوسط دما (°C)	۲۱/۳	۲۴	۲۸/۶	۲۷	۲۴/۳	۱۹/۴
متوسط رطوبت (٪)	۳۹/۳	۲۱/۵	۲۳/۳	۲۴/۳	۲۷/۷	۳۱/۶
بارش (mm)	۰/۸	۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
ساعات آفتابی	۸/۸	۱۱/۵	۱۰/۶	۱۰/۵	۹/۸	۹/۰
سرعت باد (m/s)	۷/۴	۶/۲	۵/۵	۴/۵	۴/۴	۵/۲

مالچ پلاستیکی مدت زمان زیادی طول می‌کشد و البته کاربرد پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر نیز، گران‌قیمت و پرهزینه است (۲۴). بنابراین در این پژوهش به بررسی اثر کاربرد ماده آب‌گریز زایکوسیل بر مصرف آب، نگهداشت آن در خاک و تأثیر آن بر عملکرد فلفل قلمی پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر ماده آب‌گریز زایکوسیل بر میزان تبخیر از سطح خاک و خصوصیات رشدی گیاه فلفل، آزمایشی در بهار و تابستان ۱۳۹۵ در دانشگاه پیام نور اصفهان انجام شد. در این پژوهش کشت فلفل در فضای آزاد و درون میکرولایسیمترهایی با قطر ۲۴ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. کف میکرولایسیمترها جهت خروج آب و املاح اضافی سوراخ شد. سپس لایه‌ای در حدود یک سانتی‌متر کف هر میکرولایسیمتر، سنگریزه ریخته شد و توسط خاک باغچه و خاکبرگ پر شدند. خصوصیات خاک اولیه در جدول (۱) آورده شده است. نشاءهای هم‌سن و هم‌اندازه فلفل قلمی در تاریخ ۱۱ اردیبهشت‌ماه، در درون میکرولایسیمترها کشت شد، سپس برروی میکرولایسیمترها ماده زایکوسیل ریخته شد. تیمارهای آزمایشی شامل پوشش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از کل سطح خاک میکرولایسیمتر توسط ماده زایکوسیل بود ($Z_{۲۵}$، $Z_{۵۰}$، $Z_{۷۵}$) که با تیمار شاهد (Ctrl- بدون کاربرد زایکوسیل) مقایسه شدند. به‌عنوان مثال در تیمار $Z_{۵۰}$ نیمی از سطح میکرولایسیمتر با ماده زایکوسیل پوشانده شد و به همین ترتیب در سایر تیمارها نیز درصدی از سطح خاک توسط زایکوسیل پوشش داده شد. طرح آزمایشی به‌صورت بلوک کامل تصادفی اجرا شد. داده‌های هواشناسی در طی دوره رشد در جدول (۲) آورده شده است.

آماده‌سازی زایکوسیل

به‌منظور تهیه خاک آب‌گریز توسط زایکوسیل، ماده زایکوسیل را با نسبت ۱:۲۰ با آب سرد ترکیب کرد و بر روی خاک اسپری شد و اجازه داده می‌شود به‌مدت ۲۴ ساعت در زیر نور آفتاب خشک شود. ترکیب زایکوسیل با خاک باید در دمای بالای پنج درجه سانتی‌گراد انجام شود و سطح کاملاً خشک باشد و پیش‌بینی عدم بارش باران تا حداقل ۲۴ ساعت پس از اجرا صورت پذیرد تا ماده زایکوسیل فرصت کافی جهت نفوذ به ذرات خاک را داشته باشد (۲۵).

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین وضعیت آب‌گریزی خاک به‌دست آمده

برای تعیین آب‌گریزی از روش آزمایش قطره آب (۹) استفاده شد. روش قطره آب یا زمان نفوذ آب در خاک (Water Drop Penetration Time) شامل قرار دادن سه قطره آب مقطر (۸۰ میکرولیتر) توسط قطره‌چکان پزشکی روی سطح صاف خاک و اندازه‌گیری مدت زمان نفوذ و جذب قطره‌ها توسط خاک است (۹ و ۱۳). این روش تقریباً همیشه مورد استفاده قرار می‌گیرد حتی اگر روش‌های دیگر برای تعیین آب‌گریزی خاک به‌کار برده شود، این روش قادر به جداسازی خاک‌ها از نظر آب‌گریز بودن یا نبودن است (۱۸). بر این اساس خاک مخلوط شده با زایکوسیل در گروه آب‌گریز بسیار شدید قرار گرفت.

تعیین آب مورد نیاز گیاه

برای تعیین مقدار آب مورد نیاز گیاه در هر بار آبیاری، میزان رطوبت خاک در ظرفیت زراعی تعیین شد. رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی قبلاً از طریق دستگاه صفحات فشاری در آزمایشگاه تعیین شده بود (۰/۳ درصد وزنی) که این مقدار تقریباً برابر با میزان ظرفیت گلدانی بود که در اثر اشباع کردن خاک درون میکرولایسیمتر و وزن کردن آن پس از خروج آب اضافی و آب ثقلی به‌دست آمد. در هر نوبت آبیاری اختلاف محتوای رطوبتی خاک در ظرفیت زراعی و رطوبت وزنی قبل از آبیاری محاسبه شد. بدین ترتیب از روش وزنی استفاده شد و ابتدا وزن هر کدام از میکرولایسیمترها در حالت ظرفیت زراعی تعیین شد، سپس با توجه به اطلاعات برداشت‌شده، میزان آب آبیاری برای هر کدام از میکرولایسیمترها به‌صورت رابطه (۱) محاسبه شد:

$$M_{wi} = M_{fci} - M_i \qquad [۱]$$

از این رابطه M_{wi} مقدار آب لازم برای آبیاری میکرولایسیمتر iام برحسب گرم، M_{fci} وزن میکرولایسیمتر iام در حالت ظرفیت زراعی برحسب گرم و M_i وزن میکرولایسیمتر iام پیش از انجام آبیاری برحسب گرم است.

برای این منظور، تمامی میکرولایسیمترها رأس ساعت ۱۸ هر روز، به‌وسیله یک ترازوی دیجیتالی با دقت یک گرم وزن می‌شدند تا اختلاف وزن هر کدام از آنها با حالت ظرفیت زراعی تعیین شود. سپس برای رساندن هر کدام از آنها به‌حالت ظرفیت زراعی، مقدار آب لازم از رابطه ۱ محاسبه و آبیاری انجام می‌گرفت، همچنین میزان تبخیر تعرق واقعی با استفاده از پارامترهای هواشناسی و رابطه پنمن مونتیث فائو به‌دست آمد (۷) و با توجه به مقدار کاهش وزن میکرولایسیمتر در هر روز، مقدار تبخیر تعرق در هر تیمار نیز تعیین شد.

تعیین وزن خشک میوه و ریشه

برای تعیین وزن خشک میوه‌ها نیز از هر تیمار نمونه‌هایی برداشت شد و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از خشک شدن درصد وزن خشک و میزان آب آنها به‌دست آمد. بعد از آخرین برداشت، اندام هوایی بوته‌ها از سطح خاک بریده شد و پس از تعیین وزن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند. بعد از جداسازی ریشه‌ها از خاک، به‌دقت با استفاده از فشار آب به‌خوبی شسته و تمیز شدند و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند و به این ترتیب وزن خشک آنها توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم به‌دست آمد.

کارایی مصرف آب

نمایه‌ای که برای کارایی مصرف آب به‌کار می‌رود مفهوم زراعی آن است که به‌نام کارایی کلی و زراعی مصرف آب نامیده می‌شود (WUE_{ag}) و مقدار آن برابر است با:

$$WUE_{ag} = P/ W \qquad [۲]$$

در این رابطه P تولید محصول (یا بر حسب ماده خشک و یا محصول قابل ارائه به بازار) و W مقدار آب مصرفی است.

تجزیه و تحلیل نتایج

به‌منظور تجزیه و تحلیل نتایج از نرم‌افزار SAS۹ استفاده شد و به‌کمک این نرم‌افزار، جدول تجزیه واریانس صفات مختلف تهیه

www.SID.ir

Archive of SID

و در صورت نیاز مقایسه میانگین‌های هر صفت بین تیمارهای مختلف انجام شد. اساس مقایسه میانگین‌ها آزمون چند دامنه‌ای دانکن درنظر گرفته شد و نتایج در نرم‌افزار Excel ارائه شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد وزن تر بوته، وزن خشک بوته و وزن خشک ریشه در بین تیمارها در سطح پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند ولی وزن تر ریشه در تیمارها تفاوتی با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). همان‌طور که در شکل (۱ و ۲) نشان داده شده است، تیمار شاهد کمترین وزن تر بوته را داشت، در حالی‌که سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری وزن تر بوته در آنها بیشتر بود. علت این موضوع احتمالاً در دسترس بودن بیشتر آب (در تمام طول دوره آبیاری) در این تیمارها است. وزن خشک بوته نیز در تیمار شاهد کمتر از سایر تیمارها بود (۱۱/۷۹ گرم)، البته در سطح پنج درصد با تیمار Z_{50} و Z_{75} تفاوت معنی‌داری نداشت. وزن خشک ریشه نیز در تیمار شاهد وZ_{25} ، کمتر از سایر تیمارها بود، به‌عبارتی موجودیت دائم آب در محیط ریشه در تیمارهای Z_{50} و Z_{75} سبب افزایش وزن خشک ریشه شد ولی روی وزن تر ریشه تأثیری نداشت. در پژوهش خلیلی‌راد و همکاران (۳) نیز افزایش میزان آب آبیاری وزن تر و خشک ریشه را افزایش داد. در هر قسمت از خاک که آب وجود داشته باشد، ریشه در همان نقطه رشد می‌کند (۴). بنابراین می‌توان تصور کرد که جهت رشد ریشه در جهت موجودیت آب در خاک است. بر این اساس با توجه به موجودیت دائم آب در تیمارهای Z_{50} و Z_{75} احتمالاً گسترش بیشتر ریشه سبب افزایش وزن خشک آن شده است، همچنین طبق نظر پیر نجم الدین و همکاران (۲) وجود رطوبت کافی و مناسب، رشد ریشه‌ها را افزایش می‌دهد و با فاصله از مقدار بهینهٔ رطوبت، رشد ریشه کاهش می‌یابد.

نتایج تجزیه واریانس تعداد فلفل‌ها، وزن تر آنها و عملکرد تر و خشک فلفل نشان داد تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارها وجود داشت (جدول ۴). همان‌طور که در شکل(۳) نشان داده شده است، تعداد میوه در تیمارهای پوشش شده با زایکوسیل بیشتر از تیمار شاهد بود. بیشترین تعداد میوه در تیمار Z_{75} با میانگین ۱۳/۶۶ عدد فلفل در بوته به‌دست آمد. میانگین تعداد میوه فلفل در بوته در تیمار شاهد، ۷/۳۳ بود. مقایسه میانگین وزن میوه فلفل نیز نشان داد تیمارهای شاهد، Z_{50} وZ_{75} تفاوتی در سطح یک درصد با یکدیگر نداشتند و مقدار آن از ۵/۴۰ گرم در تیمار شاهد تا ۳/۴۴ گرم در تیمار Z_{25} تغییر کرد. مقایسه عملکرد خشک نیز نشان می‌دهد کمترین عملکرد خشک گیاه در تیمار شاهد مشاهده شد که البته از نظر آماری در سطح یک درصد تفاوتی با تیمار Z_{25} و Z_{50} نداشت. بالاترین عملکرد خشک نیز در تیمار Z_{75} به‌میزان ۷/۸۹ گرم به‌دست آمد. مقایسه میانگین عملکرد تر گیاه نیز در شکل (۴) نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، عملکرد تر در تیمار Z_{75} بیشتر از سایر تیمارها بود، به‌گونه‌ای که نسبت به تیمار شاهد حدود ۶۲ درصد افزایش داشت. این افزایش در تیمار Z_{25} و Z_{50} نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۵ و ۲۶ درصد بود، اگر چه تفاوت آنها معنی‌دار نبود. در واقع کاهش تبخیر و مرطوب نگه‌داشتن محیط ریشه و مصرف کمتر آب با کاربرد ماده آب‌گریز در سطح خاک، سبب افزایش عملکرد شد. این موضوع با نظر گاپتا و همکاران (۱۵) نیز مطابقت داشت. به این ترتیب شاید از جهتی بتوان این روش کشت (همراه با کاربرد زایکوسیل در سطح خاک) را از نظر شیوه جذب آب توسط ریشه، مصرف آب و افزایش عملکرد، با سیستم آبیاری قطره‌ای برابر دانست، هر چند ماهیت اجرایی این دو روش کاملاً متفاوت است، زیرا در هر دو، آب به‌اندازه نیاز گیاه همواره در محیط ریشه وجود دارد و اگر چه در اثر کاهش تبخیر، آب کمتری مصرف می‌شود اما نیاز گیاه بدون هیچ‌گونه تنشی تأمین می‌شود.

از آنجا که در این پژوهش، هدف تعیین میزان کاهش تبخیر از سطح خاک و به‌تبع آن میزان آب آبیاری بود، مقدار آب مصرفی تعیین و تجزیه تحلیل شد. نتایج نشان داد کاربرد زایکوسیل در سطح خاک به‌طور معنی‌داری مقدار تبخیر و در نتیجه آب کاربردی را کاهش داد. مقدار تبخیر و تعرق واقعی و محاسبه شده با رابطه پنمن مونتیث در ماه‌های مختلف در شکل (۵) نشان داده شده است. به‌طوری‌که هر ۲۵ درصد پوشش سطح خاک توسط زایکوسیل مقدار کل آب مصرفی را حدوداً ۱۰ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس خصوصیات گیاه فلفل

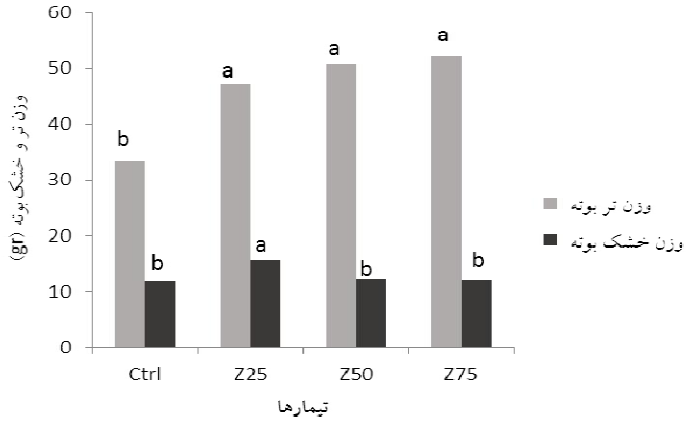
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
تیمار	۳	۲۳۳/۵۵*	۱۰/۴۰*	۱۹/۱۰ns	۱/۰۵*
بلوک	۲	۲۳/۴۰ns	۰/۶۸ns	۵۲/۹۱ns	۰/۰۶ns
خطا	۶	۴۰/۸۶	۱/۶۱	۲۶/۴۹	۰/۲۱۷
ضریب تغییرات		۱۳/۹۱	۹/۸۵	۴۴/۱۰	۱۸/۰۱

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns عدم معنی‌دار

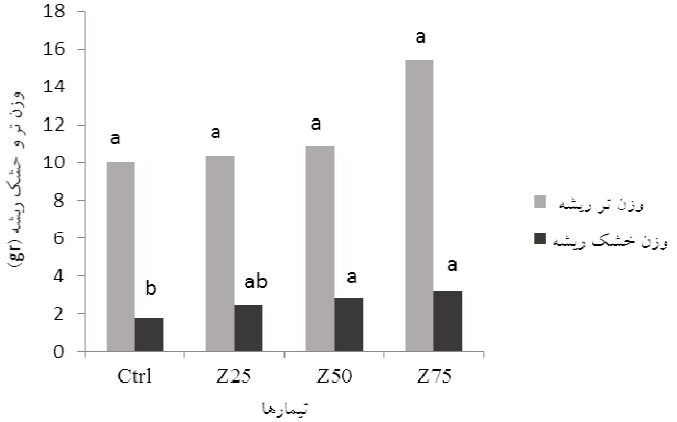
جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد میوه	میانگین وزن تر میوه	عملکرد تر	عملکرد خشک
تیمار	۳	۲۱/۸۸**	۲/۰۲**	۳۶۴/۴۸**	۶/۸۹**
بلوک	۲	۴/۳۳ns	۱/۳۷*	۱۵/۴۶ ns	۱/۱۸ns
خطا	۶	۱/۲۲	۰/۱۳۱	۲۱/۵۱	۱/۰۶
ضریب تغییرات		۱۰/۲۰	۸/۴۸	۹/۶۵	۱۸/۰۴

* معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و ns عدم معنی‌دار



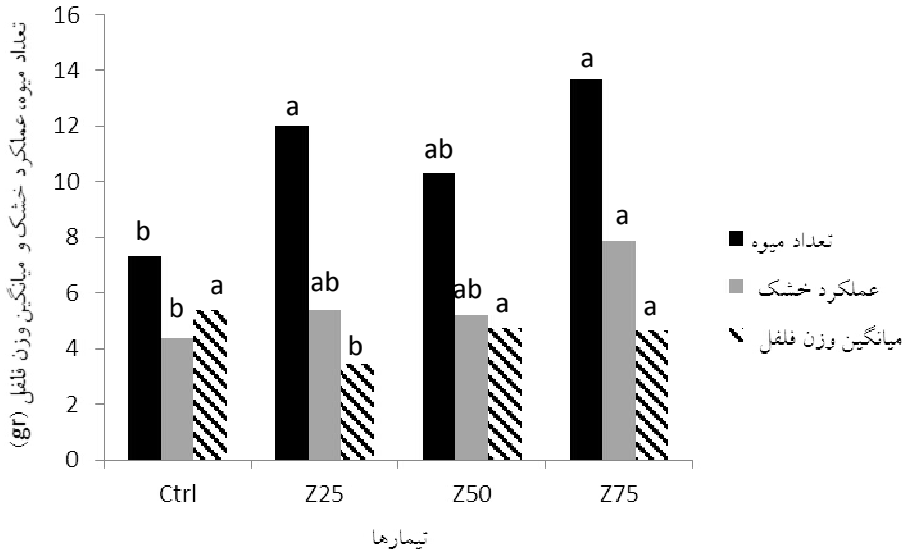
شکل ۱. وزن تر و وزن خشک بوته فلفل. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد است



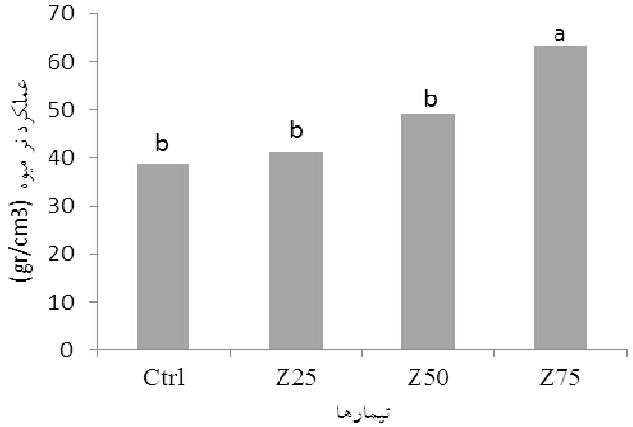
شکل ۲. وزن تر و وزن خشک ریشه گیاه فلفل. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد است

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. مقایسه میانگین تعداد میوه، عملکرد خشک میوه و میانگین وزن تازه فلفل. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد است



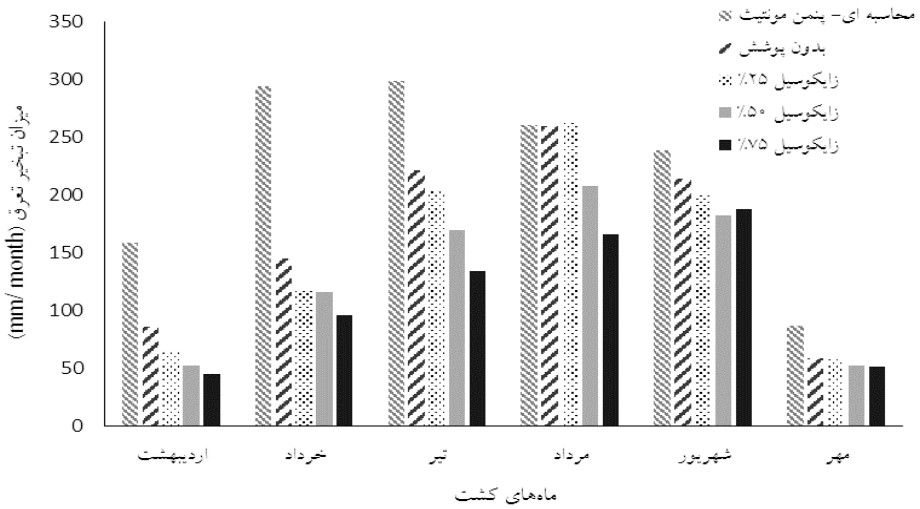
شکل ۴. مقایسه میانگین عملکرد تر میوه. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد است

کاهش داد. به‌این ترتیب بالاترین میزان آب در تیمار شاهد مصرف شد (۳۰/۲ سانتی‌متر مکعب) و سپس این مقدار در تیمار Z_{25}، Z_{50} و Z_{75} به‌ترتیب ۲۸/۰، ۲۴/۳ و ۲۱/۲ سانتی‌متر مکعب بود (شکل ۶). بنابراین بهتر است به‌منظور نگهداشت آب برای مدت زمان بیشتر با یک لایه خاک آب‌گریز سطح خاک را پوشاند. این استراتژی می‌تواند در حفظ رطوبت، بالای نقطه پژمردگی و در دسترس بودن آب مویینگی کمک کند.

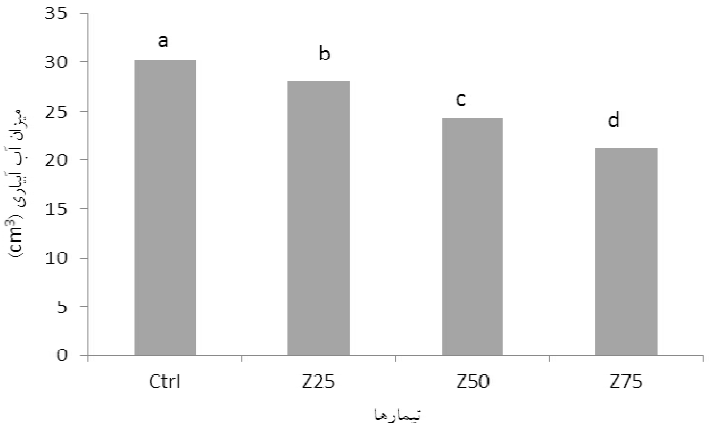
روند آب مصرفی در ماه‌های مختلف در شکل(۷) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل آورده شده است، مقدار آب مصرفی در تیمارها در ابتدای دوره که هوا خنک‌تر و تبخیر از سطح خاک کمتر بود، به یکدیگر نزدیک‌تر و با افزایش دمای هوا در مردادماه، تفاوت آب مصرفی در تیمارها نیز بیشتر می‌شد و نهایتاً در انتهای دوره (مهرماه) مجدداً مقادیر آب مصرفی در تیمارها به یکدیگر نزدیک و حتی برهم منطبق شدند. مقدار آب مصرفی در تیمار شاهد از ماه اردیبهشت تا مهر به‌ترتیب ۲/۳۲، ۴/۵۶، ۶/۸۹، ۸/۱۸، ۶/۷۴ و ۱/۴۷ سانتی‌متر مکعب (بیشترین مقادیر در بین تیمارها) و در تیمار Z_{75} در همین ماه‌ها به‌ترتیب ۱/۴۴، ۳/۰۳، ۴/۲۴، ۵/۲۳، ۵/۹۱ و ۱/۳۸ سانتی‌متر مکعب

www.SID.ir

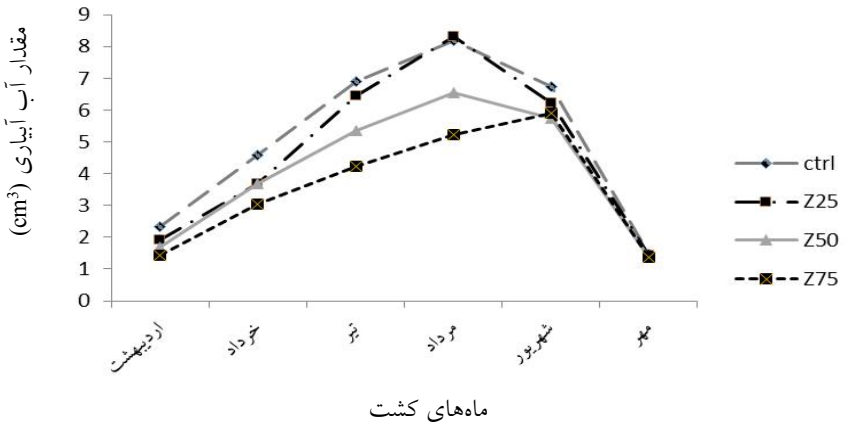
Archive of SID



شکل ۵. میزان تبخیر و تعرق محاسبه‌ای و تبخیر تعرق واقعی در تیمارهای مختلف



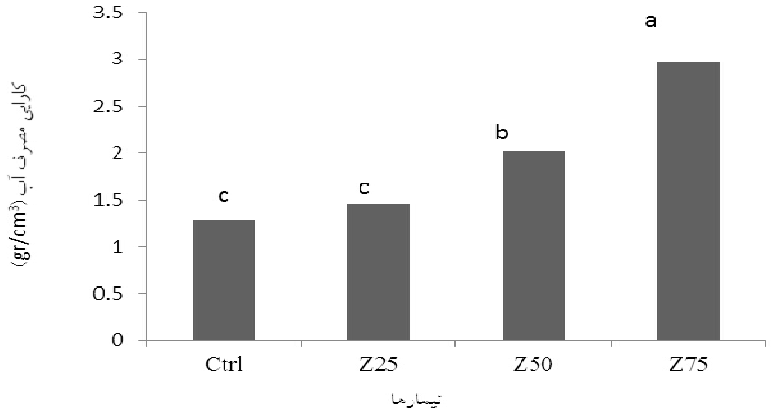
شکل ۶. میزان آب آبیاری در تیمارهای مختلف. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد است



شکل ۷. مقدار آب آبیاری در ماه‌های مختلف (اواسط اردیبهشت تا اواسط مهرماه)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. کارایی مصرف آب در تیمارها. حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد است

(کمترین مقادیر در بین تیمارها) بود. در بررسی ری و اسمتم (۲۳) افزایش آب‌گریزی سطح خاک از وضعیت قابل مرطوب شدن به سمت آب‌گریزی اندک و متوسط باعث شد، تبخیر تجمعی از سطح خاک کاهش یابد. اگرچه درجه آب‌گریزی بالا تفاوتی با درجه آب‌گریزی متوسط از نظر میزان تبخیر نداشت.

کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند به‌گونه‌ای که به‌ازای کاهش تقریباً ۷، ۱۹ و ۲۲ درصدی آب به‌ترتیب در تیمارهای $Z_{۲۵}$، $Z_{۵۰}$ و $Z_{۷۵}$ (شکل ۸) مقدار کارایی مصرف آب از ۱/۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب در تیمار شاهد، به ۱/۴۶، ۲/۰۲ و ۲/۸۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌ترتیب در تیمارهای $Z_{۲۵}$، $Z_{۵۰}$ و $Z_{۷۵}$ رسید، بنابراین کاهش مصرف آب نه تنها باعث کاهش تولید محصول نشد، بلکه به‌دلیل کاهش تبخیر و افزایش نگهداشت آب در محیط ریشه در طول دوره رشد، سبب افزایش آن شد.

نتیجه‌گیری

تا کنون کاربرد ماده آب‌گریز زایکوسیل به‌عنوان پوشش دهنده سطح خاک و تأثیر آن بر گیاه مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا در این پژوهش با پوشش درصدی از سطح خاک توسط زایکوسیل، مشخص شد این ماده که در ترکیب با خاک سبب آب‌گریزی آن می‌شود، می‌تواند آب مصرفی گیاه را کاهش دهد به‌طوری‌که هر ۲۵ درصد پوشش سطح خاک توسط زایکوسیل مقدار کل آب مصرفی را حدوداً ۱۰ درصد کاهش داد و در مقابل به‌دلیل نگهداشت بیشتر آب در خاک میزان عملکرد و کارایی مصرف آب را افزایش داد. به این ترتیب بالاترین میزان آب در تیمار شاهد مصرف شد و سپس این مقدار در تیمارهای $Z_{۲۵}$، $Z_{۵۰}$ و $Z_{۷۵}$ به‌ترتیب کاهش یافت. بیشترین تعداد میوه و بالاترین عملکرد خشک نیز در تیمار با پوشش ۷۵ درصدی سطح خاک توسط زایکوسیل به‌دست آمد.

سپاسگزاری

از ریاست و معاونت علمی و پژوهشی دانشگاه پیام نور به‌دلیل حمایت مالی از این پژوهش، قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. بابازاده، ح.، ع. عبدزادگوهری و آ. خنک. ۱۳۹۴. اثر مدیریت آبیاری و سطوح مختلف مالچ کاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیا. *مجله پژوهش آب در کشاورزی* ۲۹(۲): ۱۴۰-۱۳۰.

www.SID.ir

۲. پیر نجم الدین، ف.، م. م. مجیدی، م. قیصری و ز. رادان. ۱۳۹۴. گزینش برای تحمل به تنش خشکی براساس سیستم ریشه‌ای و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در فسکیوی بلند. *مجله علوم گیاهان زراعی ایران* ۴۶(۱): ۱۶۸-۱۵۷.

۳. خلیلی راد، ر.، س.خ. میرنیا و ح. بهرامی. ۱۳۸۹. تأثیر مقادیر مختلف آب خاک بر توسعه ریشه ذرت. *نشریه آب و خاک* ۲۴(۳): ۵۵۷-۵۶۴.

۴. علیزاده ا. ۱۳۸۱. *رابطه آب و خاک و گیاه*. ناشر دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.

۵. نورمهناد، ن.، س. ح. طباطبائی، ع. ر. هوشمند، م. ر. نوری امامزاده و ش. قربانی دشتکی. ۱۳۹۳. تأثیر حرارت روی آبگریزی و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، *علوم آب و خاک* ۱۸(۶۸): ۴۳-۵۲.

۶. نورمهناد، ن.، س. ح. طباطبائی، ع. ر. هوشمند، م. ر. نوری امامزاده و ش. قربانی دشتکی. ۱۳۹۴. تأثیر کاربرد لجن فاضلاب شهری بر آب‌گریزی و منحنی رطوبتی خاک. *نشریه دانش آب و خاک* ۲۵(۳): ۹۰-۷۵.

7. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy.
8. Fernandez, M. D., S. GallardoM, S. Bonachwla, F. Orgaz, R. B. Thompson and F. Fereres. 2005. Water use and production of a greenhouse pepper crop under optimum and limited water supply. *Horticultural Science Journal* 104: 220-247.
9. Dekker, L. W. and P. D. Jungerius. 1990. Water repellency in the dunes with special reference to The Netherlands. *Catena* 18: 173– 183
10. FAO. 2007. Production Year Book. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italy.
11. Feng, L. S., Z. X. Sun, C. R. Yan, M. Z. Zheng, J. M. Zheng, N. Yang, L. W. Bai and C. Feng. 2015. Effect of farmland surface covered porous mulch materials on soil water, heat and water use efficiency of maize. *Journal of Animal and Plant Science* 25: 22-27.
12. Fink, D. H., K. R. Cooley and G. W. Frasier. 1973. Wax-treated soils for harvesting water. *Journal Range Management* 26: 396–398.
13. Garcia-Corona, R., E. Benito, E. De Blas and M. E. Varela. 2004. Effects of heating on some soil physical properties related to its hydrological behavior in two northwestern Spanish soils. *International Journal of Wildland Fire* 13: 195–199.
14. Goebel, M. O., S. K. Woche, J. Bachmann, A. Lamparter and W. R. Fisher. 2007. Significance of wettability-induced changes in microscopic water distribution for soil organic matter decomposition. *Soil Science Society of America Journal* 71: 1593–1599.
15. Gupta, B., D. O. Shah, B. Mishra, P. A. Joshi, G. G. Vimal and R. S. Fougat. 2015. Effect of top soil wettability on water evaporation and plant growth. *Journal of Colloid and Interface Science* 449: 506–513.
16. Hunter, A. 2011. Investigation of water repellency and critical water content in undisturbed and reclaimed soils from the Athabasca oil sands region of Alberta, Canada. MSc. Thesis, University of Saskatchewan.
17. Khan, M. A. I., A. M. Farooque, M. A. Haque, M. A. Rahim and M. A. Hoque. 2008. Eeffects of water stress at various growth stages on the Physio-morphological characters and yield in chilli. Bangladesh *Journal of Agriculture Research* 33(3): 353-362.
18. Letey, J., M. L. K. Carrillo and X. P. Pang. 2000. Approaches to characterize the degree of water repellency. *Journal of Hydrology* 231–232: 61–65.
19. Owusu S. J. D., P. Asante and P. Osei-Bonsu. 2010. Water requirement, deficit irrigation and crop coefficient of hot pepper (*Capsicum frutescens*) using irrigation interval of four (4) days. *Journal of Agricultural and Biological Science* 5: 72-78.
20. Peng, Z., W. Ting, W. Haixia, W. Min, M. Xiangping, M. Siwei, Zh. Rui, J. Zhikuan and H. Qingfang. 2015. Effects of straw mulch on soil water and winter wheat production in dryland farming. *Scientific Reports* 5: 10725.
21. Pervaiz, M. A., M. Iqbal, K. Shahzad and A. U. Hassan. 2009. Effect of mulch on soil physical properties and N, P, K concentration in maize (*Zea mays* L.) shoots under two tillage systems. *International Journal of Agriculture and Biology* 11: 119–124.
22. Quyum, A. 2000. Water migration hydrophobic through soils. MSc. Thesis, Department of Civil Engineering. Calgary, Alberta.
23. Rye, C. F. and K. R. J. Smettem. 2017. The effect of water repellent soil surface layers on preferential flow and bare soil evaporation. *Geoderma* 289: 142–149.
24. William, J. 1993. Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops. *Hort Technology* 1: 35–39.
25. www.Zycosil.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 22, No. 2, Summer 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Zycosil on Water Consumption and Yield of Pepper (*Capsicum annuum* L.)

N. Nourmahnad[1]*

(Received: January 20-2017; Accepted: August 14-2017)

Abstract

Due to the water scarcity in Iran, it is important to provide strategies to reduce water consumption in the agriculture sector. Zycosil is a nanotechnology material that makes a great hydrophobe in the soil. This study was conducted based on completely randomized block design within microlysimeter with the height of 15 cm and the diameter of 8 cm to investigate the hydrophobic effect on the amount of consumed water in pepper. Sweet pepper seedlings were planted in them; then the treatments were applied. The Z25, Z50 and Z75 treatments consisted of covering 25, 50 and 75 % of the soil surface by Zycosil; these were compared with the control (Ctrl- no Zycosil application) in three replications. The results showed that Z75 treatment reduced 27% water consumption and increased the fresh yield by approximately 62 %. The increased yield of Z25 and Z50 was 5 and 26 %, respectively. Dry pepper yield was increased in Z25, Z50 and Z75 treatments by 22, 19 and 80%, respectively, as compared to Ctrl treatment. The amount of water consumed was decreased by 10 % per 25% coverage level. The least amount of water use efficiency was observed in the control treatment (1.28 gr/cm3). The Z75 had the highest water use efficiency (2.96 gr/cm3). Hence, the application of hydrophobic material such as Zycosil in the soil surface reduced water evaporation and increased water retention. This increased the yield and water use efficiency.

Keywords: Hydrophobic, Water use efficiency, Zycosil, Yield, Pepper

1. Department of Agriculture, Payame Noor Univesity, Iran.
*: Corresponding Author, Email: Negar_Nourmahnad@yahoo.com

www.SID.ir