تأثیر محل کارگذاری مالچ پلاستیکی در آبیاری جویچه‌ای بر بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای

علی پهلوانی، حامد ابراهیمیان[1] و فریبرز عباسی

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
ali.pahlevani@ut.ac.ir
دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
ebrahimian@ut.ac.ir
استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
fariborzabbasi@ymail.com

دریافت: مهر ۱۴۰۰ و پذیرش: اسفند ۱۴۰۰

چکیده

سامانه‌های آبیاری سطحی به‌صورت گسترده‌ای در مناطق مختلف دنیا به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده میشود، اما، مدیریت نامناسب آن‌ها منجر به تلفات زیاد آب و کاهش بهره‌وری آب شده است. هدف این پژوهش بررسی تأثیر محل استقرار مالچ پلاستیکی در آبیاری جویچه‌ای روی توزیع و حفظ رطوبت خاک و بهره‌وری آب در تولید ذرت علوفه‌ای بود. آزمایش در مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۷ در کرج انجام شد. چهار تیمار مختلف از نظر محل استقرار مالچ در سطح خاک شامل مالچ روی پشته (R)، مالچ کف جویچه (F)، مالچ روی پشته و کف جویچه (FR) و تیمار بدون مالچ یا شاهد (C) در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری از خاک به‌منظور اندازه‌گیری مقدار رطوبت یک روز قبل و سه روز پس از آبیاری با دور پنج روز و در تاریخ‌های مشخص به ترتیب در مراحل هشت برگی، ساقه رفتن و سنبله زدن از چهار نقطه (از اعماق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متری از زیر پشته‌ها و جویچه‌ها) برای همه تیمارها انجام شد. میانگین درصد رطوبت حجمی خاک در طول فصل رشد به ترتیب برابر با ۲۴/۸، ۲۳/۸، ۱۸/۰ و ۱۷/۱ برای تیمارهای FR، F، R و C بود. نتایج نشان داد که مالچ پلاستیکی با کاهش تبخیر از سطح خاک تأثیر بسزایی روی حفظ رطوبت خاک داشت و تیمارهایی که دارای مالچ پلاستیکی در کف جویچه بودند (F و FR) دارای بالاترین مقدار رطوبت خاک در مقایسه با دیگر تیمارها بودند. بهره‌وری آب بر اساس ماده خشک تولیدی برای تیمارهای، F، FR، R و C به ترتیب برابر با ۴/۵، ۴/۴، ۳/۶ و ۳/۰ کیلوگرم بر مترمکعب و بر اساس وزن تر ماده تولیدی برای تیمارهای FR، F، R و C به ترتیب برابر با ۷/۶، ۷/۴، ۵/۷ و ۴/۷ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد. بر پایه نتایج، استفاده از مالچ پلاستیکی در کف جویچه برای کاهش تلفات آب و افزایش بهره‌وری آب در آبیاری جویچه‌ای توصیه می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود با توجه به نقش مالچ در حفظ رطوبت خاک در صورت استفاده از مالچ می‌توان از تکنیک کم آبیای نیز بهره برد. بررسی جنبه‌های اقتصادی کاربرد مالچ هم در تحقیقات بعدی باید مورد توجه باشد.

واژه‌های کلیدی: توزیع رطوبت خاک، خاکپوش پلاستیکی، تبخیر از خاک

[1] -آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

مقدمه

آب مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است. ایران با متوسط بارندگی سالانه حدود ۲۴۰ میلی‌متر دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است. براساس گزارش‌ها حدود ۷۰ درصد منابع آبی موجود در کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (ناصری و همکاران، ۱۳۹۶). آبیاری سطحی یا ثقلی یکی از روش‌های آبیاری است که در آن عمل انتقال آب از منبع آب تا پای گیاه از طریق نیروی ثقل صورت می‌گیرد. این روش با قدمتی چند هزار ساله امروزه نیز رایج‌ترین روش آبیاری است به‌گونه‌ای که بخش عمده ای از اراضی کشور تحت پوشش آبیاری سطحی می‌باشد. آبیاری سطحی اگر به‌درستی طراحی و اجرا شود، به دلیل عدم نیاز به تجهیزات پیشرفته و پیچیده برای زارعین یکی از بهترین روش‌ها محسوب می‌شود. متأسفانه معمولاً به طراحی بهینه و اجرای صحیح و مدیریت آبیاری کمتر توجه شده است به‌طوری‌که بازده آبیاری سطحی در کشور حدود ۴۴ درصد گزارش‌شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). طراحی و اجرای نامناسب، مدیریت ضعیف و استفاده از روش‌های سنتی آبیاری ازجمله عواملی هستند که به تلفات زیاد آب در بخش کشاورزی منجر شده است (عباسی، ۱۳۹۱). با توجه به افزایش سطح کشت آبی، یکی از برنامه‌های اولویت‌دار برای منابع آب کشور، معطوف به تغییر شیوه و اصلاح و بهبود روش‌های آبیاری موجود و ارتقای بهره‌وری آب آبیاری است. استفاده از مالچ پلاستیکی در آبیاری جویچه‌ای برای طیف وسیعی از گونه-های گیاهی در بسیاری از مناطق دنیا، به دلایل مختلفی رواج دارد. یکی از این دلایل افزایش درجه حرارت خاک در پشته‌ها نسبت به حالتی که مالچ اجرا نشده باشد سبب جوانه‌زنی زودتر محصولات مختلف می‌شود، از طرفی نیز مالچ پلاستیکی تأثیر بسزایی در افزایش عملکرد محصولاتی چون هندوانه، خربزه، فلفل دلمه‌ای، گوجه‌فرنگی و ذرت می‌گردد (لَمنت، ۱۹۹۳). علاوه بر این، مالچ پلاستیکی با جلوگیری از رشد علف‌های هرز و همچنین کاهش تبخیر از سطح خاک به‌طورکلی سبب تسریع در رسیدن محصول و افزایش عملکرد در بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌گردد (کانینگتن و همکاران، ۱۹۷۵؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۸). از طرفی استفاده از مالچ به دلیل کاهش تبخیر سبب کاهش نیاز آبی محصول می‌گردد و شستشوی نمک از طریق آبشویی به دلیل افزایش رطوبت خاک در اثر کاربرد مالچ افزایش می‌یابد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به تحقیقات صورت گرفته، استفاده از مالچ‌ها یکی از راهکارهای جلوگیری از تلفات آب، افزایش بازده آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری مطرح‌شده است. مالچ‌ها در انواع مختلف پلاستیکی، آلی (کاه و کلش) و شن و ماسه‌ای بیشتر مرسوم می‌باشند. مالچ‌های شن و ماسه‌ای بیشتر برای درختان که به‌صورت دیم کشت می‌شوند استفاده می‌شود. در رابطه با اثربخشی نوع مالچ‌ها، نتایج نشان داده است که مالچ‌های پلاستیکی اثربخشی بهتری نسبت به مالچ کاه داشته است (کین و همکاران، ۲۰۱۵). علاوه بر این می‌توان به اثر استفاده از مالچ که باعث افزایش تا ۶۰ درصدی کارایی مصرف آب، کارایی مصرف نیتروژن و کمک آن به مسائل زیست‌محیطی اشاره کرد (کین و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین مالچ باعث تعدیل درجه حرارت خاک، تأثیر بر میزان عناصر غذایی خاک، کنترل شوری و بهبود ساختمان خاک نیز می‌شود. استفاده هم‌زمان از مالچ پلاستیک روی پشته و جویچه برای کشت هم‌زمان گندم و ذرت علوفه‌ای در چین نیز سبب افزایش ۲۹/۲ تا ۷۰/۵ درصدی در عملکرد محصول به نسبت به حالت بدون استفاده از مالچ شد (لی و همکاران، ۲۰۱۷). کاربرد هم‌زمان مالچ پلاستیکی در روی پشته و کف جویچه در مناطق خشک نیز می‌تواند تا ۲۴ درصد در کاهش آب مصرفی گیاه ذرت و گندم مؤثر باشد (دریانتو ۲۰۱۷). استفاده از مالچ پلاستیکی در آبیاری جویچه‌ای و برای محصول ذرت در مناطقی که آب آبیاری در دسترس عامل محدودکننده باشد به همراه تکنیک آبیاری جویچه‌ای یک در میان، به‌منظور به حداقل رساندن تبخیر از سطح خاک و ماکزیمم نمودن بهره‌وری آب پیشنهاد می-شود (مسکلو و همکاران، ۲۰۱۸). استفاده از مالچ پلاستیک

در آبیاری قطره‌ای برای محصول ذرت علوفه‌ای نیز سبب کاهش قابل توجه میزان تبخیر از سطح خاک (۴۵/۲ درصد)، افزایش عملکرد محصول به میزان ۱۳/۱-۱۰/۷ درصد و کاهش طول دوره رشد محصول به میزان چهار تا پنج روز گردید (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸). ممون و همکاران (۲۰۱۸) اثر استفاده از مالچ پلاستیک در کف جویچه را در آبیاری جویچه‌ای روی تلفات نفوذ عمقی آب آبیاری و همچنین عملکرد محصول بامیه مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که استفاده از مالچ پلاستیکی در کف جویچه سبب افزایش صرفه‌جویی در آب مصرفی به میزان ۵۲/۲ درصد نسبت به حالت بدون استفاده از مالچ شد. از طرفی استفاده از مالچ پلاستیک سبب افزایش چشمگیری در تولید محصول بامیه گردید. پنیگراهی و همکاران (۲۰۱۹) اثر استفاده از مالچ پلاستیک را در سیستم آبیاری جویچه‌ای و سیستم آبیاری قطره‌ای در مقایسه با حالت‌های بدون استفاده از مالچ همین سیستم‌ها با در نظر گرفتن مقادیر مختلف آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) برای محصول گوجه‌فرنگی موردمطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد استفاده از مالچ پلاستیک به همراه آبیاری قطره‌ای و کاربرد ۱۰۰ درصد نیاز آبی موجب تولید حداکثر محصول شد. وجود مالچ پلاستیکی در سیستم آبیاری جویچه‌ای نیز سبب افزایش محصول گردید. از طرفی در هر تیمار کم آبیاری نیز استفاده از مالچ سبب افزایش محصول تولیدی در مقایسه با حالت بدون استفاده از مالچ شد. ترکیب استفاده از مالچ پلاستیک (چه تیره و چه شفاف) و کم آبیاری روی بهره‌وری آب، دمای خاک و خصوصیات گیاه ذرت در آبیاری قطره‌ای نیز به‌خوبی تأثیر مالچ پلاستیکی را روی افزایش بهره‌وری آب و افزایش عملکرد محصول و دمای خاک نشان داد (آبزی و همکاران، ۲۰۲۰). تاکنون مطالعات مختلفی در رابطه با تأثیر مالچ چه از نوع طبیعی و یا مالچ پلاستیک به‌منظور کاهش تلفات آب از طریق کاهش تبخیر از سطح خاک و همچنین کاهش نفوذ عمقی انجام‌شده‌است ولی در بیشتر مطالعات محل‌های مختلف استقرار مالچ در آبیاری جویچه‌ای به‌عنوان یک متغیر مدنظر نبوده و تأثیر اجرای مالچ روی پشته‌ها، کف جویچه‌ها و یا ترکیبی از این دو حالت در حضور یک تیمار شاهد (بدون مالچ) به‌منظور مقایسه نتایج تلفات آب و توزیع رطوبت خاک کمتر بررسی شده است؛ بنابراین هدف اصلی این تحقیق، بررسی تأثیر استقرار (جانمایی[۲]) مالچ در آبیاری جویچه‌ای بر توزیع رطوبت خاک و عملکرد ذرت علوفه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۲۹۲/۹ متر از سطح دریا و در سال ۱۳۹۷ انجام شد. کرج دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای است. متوسط بارندگی سالانه برابر با ۲۶۵ میلی-متر، بالاترین و پایین‌ترین دمای هوای روزانه طی فصل کشت به ترتیب برابر با ۴۱/۰ و ۲۷/۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شد.

خاک محل انجام تحقیق ازنظر خاکشناسی اراضی منطقه در یک واحد فیزیوگرافی ناشی از رسوبات بادبزنی رودخانه کرج قرار دارد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در سه عمق در جدول ۱ آمده است. خصوصیات خاک شامل فراوانی نسبی ذرات، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطه‌ی پژمردگی به ترتیب با استفاده از روش‌های هیدرومتری، سیلندر و دستگاه صفحات فشاری در مکش‌های ۰/۳ بار و ۱۵ بار اندازه‌گیری شد. عمق خاک زراعی در این منطقه به دلیل وجود لایه سنگ‌ریزه در عمق ۶۰ سانتی‌متر محدود است.

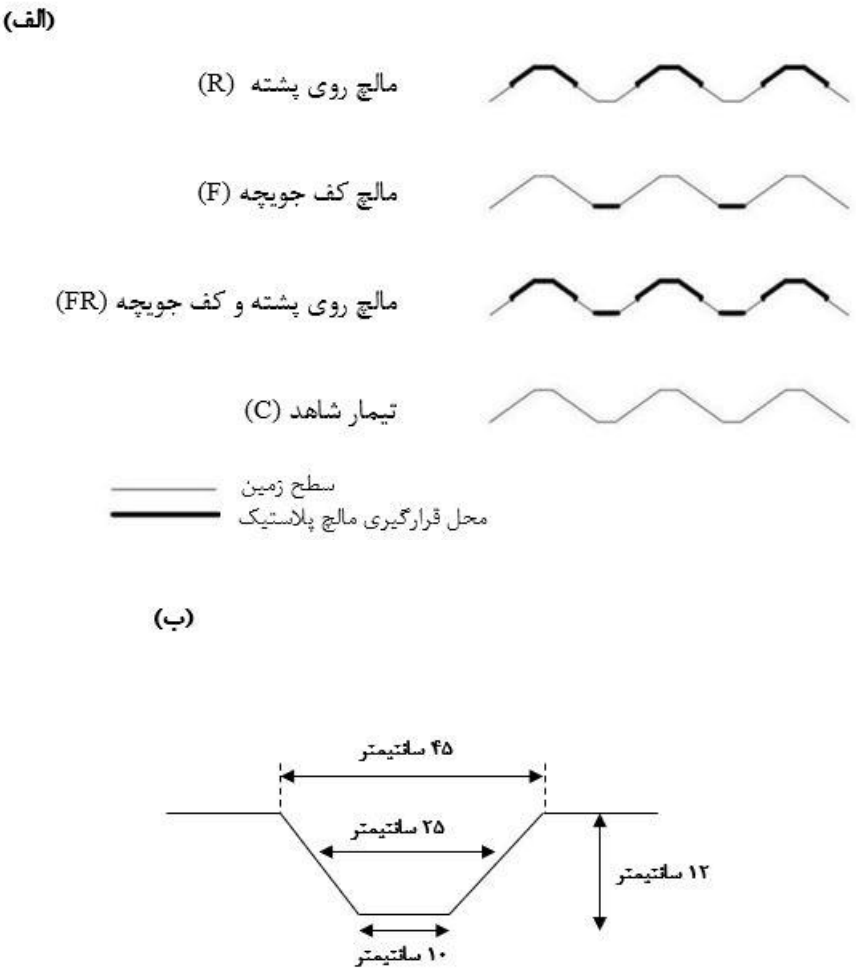
[2] -Placement

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق (متر)	بافت خاک	درصد ذرات تشکیل‌دهنده خاک			جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	ظرفیت زراعی (درصد حجمی)	نقطه پژمردگی (درصد حجمی)	اسیدیته خاک	شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)
		رس	سیلت	شن					
۰/۲ - ۰	لومی رسی	۲۸	۴۳	۲۹	۱/۳۱	۲۸/۶	۱۰/۹	۷/۶	۱/۲
۰/۴-۰/۲	لومی رسی	۳۱	۴۰	۲۹	۱/۲۵	۲۹/۴	۱۱/۳	۷/۸	۱/۸
۰/۶-۰/۴	لومی رسی	۳۳	۴۶	۲۱	۱/۲۳	۲۹	۹/۵	۷/۷	۱/۹

مطالعه مزرعه‌ای برای سیستم آبیاری جویچه‌ای تحت اجرای مالچ پلاستیک برای محصول ذرت علوفه‌ای از نوع رقم سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد. تیمارها شامل مالچ روی پشته[3]R، مالچ کف جویچه F[4]، مالچ روی پشته و کف جویچه FR[5] و تیمار شاهد بدون مالچ C[6] بودند که در سه تکرار اجرا شدند. مالچ پلاستیک به‌کاررفته شامل لایه پلاستیکی شفاف دست اول LDPE (پلی‌اتیلن با چگالی پایین) با ضخامت ۲۵ میکرون و عرض ۰/۷۵ متر بود. به‌طورکلی این تیمارها شامل ۱۲ پلات آزمایشی هرکدام به مساحت ۱۵ مترمربع بودند. بذور ذرت در تاریخ ۱۱ تیرماه (تاریخ معمول کشت تابستانه ذرت علوفه‌ای در منطقه موردمطالعه) ۱۳۹۷ به‌صورت دستی کشت شد. فاصله بوته‌ها از یکدیگر در هر ردیف برابر با ۰/۲ متر بود و با توجه به فاصله پشته‌ها از یکدیگر، ۶۶۶۶۷ عدد بوته در هر هکتار وجود خواهد داشت. کاشت بذر در عمق حدود چهار تا پنج سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد. جویچه‌های معمولی انتها بسته با سطح مقطع ذوزنقه‌ای به طول چهار متر و فاصله ۰/۷۵ متر در جهت شیب عمومی زمین (تقریباً یک درصد) ایجاد شدند (شکل ۱). دلیل انتخاب طول کوتاه برای جویچه‌ها کنترل بهتر عملیات آبیاری و همچنین اجرای بهتر مالچ پلاستیک در آن‌ها بود. به‌طور متوسط حداکثر عمق، عرض کف، عرض میانی و عرض بالایی جویچه‌های آزمایشی به ترتیب برابر با ۱۲، ۱۰، ۲۵ و ۴۵ سانتی‌متر بودند. شش نمونه‌برداری خاک در طول فصل رشد انجام شد که هر کدام یک روز قبل و سه روز پس از مراحل مشخص رشد گیاه ذرت (مرحله هفت برگی، گل‌دهی و پرشدن دانه) انجام گرفت (به ترتیب در تاریخ‌های هشت مرداد، ۱۲ مرداد، ۱۰ شهریور، ۱۴ شهریور، ۳۰ شهریور و سه مهر). نمونه‌برداری از خاک در تاریخ‌های مشخص از چهار نقطه (از اعماق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متری از زیر پشته‌ها و جویچه‌ها) برای همه تیمارها انجام شد. در تیمارهای دارای پوشش، ابتدا توسط کاتِر مالچ پلاستیک موجود روی پشته و یا کف جویچه به شکل یک مربعی (به‌اندازه سر آگر نمونه‌برداری) که یکی از اضلاع آن برش داده نشده باشد، برش خورد. سپس آگر نمونه‌برداری در محل قرار گرفت و پس از انجام نمونه‌برداری از اعماق ذکرشده یک قطعه دیگر از همان جنس مالچ پلاستیک در زیر محل برش خورده قرار گرفت و سپس مالچ پلاستیک برش خورده مانند درپوش در روی محل برش خورده برگردانده شد. به‌منظور نمونه‌گیری از وسط هر پلات آزمایشی از جویچه و پشته‌های وسط نمونه‌برداری از دو عمق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتیمتری از زیر پشته و جویچه نمونه‌برداری انجام شد؛ یعنی در هر بار نمونه‌برداری از هر تیمار ۱۲ نمونه برداشت شد. در مجموع ۲۸۸ نمونه رطوبتی برداشت گردید. در نمونه‌برداری‌های بعدی، از جویچه و یا پشته‌ای که قبلاً نمونه‌برداری انجام‌نشده بود (ولی کماکان جزوی از جویچه و پشته‌های اصلی بودند و محافظ به شمار نمی‌آمدند) نمونه‌برداری انجام شد. رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری شد.

[3] -Mulch on the Ridge
[4] -Mulch on Furrow bed
[5] -Mulch on the Ridges and Furrow bed
[6] -Control treatment



شکل ۱- محل قرارگیری مالچ پلاستیکی در تیمارهای مختلف (الف) و ابعاد جویچه‌ها (ب)

به‌منظور اندازه‌گیری آب مورد نیاز برای گیاه ذرت علوفه‌ای، ابتدا اطلاعات هواشناسی روزانه برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع از ایستگاه هواشناسی واقع در مزرعه پژوهشی دریافت شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار ET_0 Calculator (رائیس، ۲۰۰۹)، مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع محاسبه شد. به‌منظور محاسبه تبخیر و تعرق ذرت با توجه به نشریه شماره ۵۶ فائو (آلن و همکاران، ۱۹۹۸)، ضریب گیاهی (Kc) مربوط به ذرت علوفه‌ای تعیین و برای دوره‌های مختلف رشد با توجه به اطلاعات هواشناسی (سرعت باد و رطوبت نسبی) و روابط پیشنهادی این نشریه تعدیل شد. اطلاعات مربوط به مقادیر عمق آبیاری و تاریخ هر آبیاری در جدول ۲ نشان داده‌شده است. مقادیر ضریب گیاهی تعدیل‌شده برای مراحل رشد ابتدایی، میانی و پایانی محصول به ترتیب برابر با ۰/۳، ۱/۳۳ و ۰/۶۶ بدست آمد.

جدول ۲- مقادیر عمق آب آبیاری محاسبه‌شده (میلی‌متر) و تاریخ وقایع آبیاری در طول فصل رشد

نوبت آبیاری	نیاز آبیاری (میلی‌متر)	تاریخ آبیاری	نوبت آبیاری	نیاز آبیاری (میلی‌متر)	تاریخ آبیاری
۱	۱۹	۱۳۹۷/۰۴/۱۱	۱۱	۳۶	۱۳۹۷/۰۵/۳۱
۲	۱۷	۱۳۹۷/۰۴/۱۶	۱۲	۴۳	۱۳۹۷/۰۶/۰۵
۳	۱۶	۱۳۹۷/۰۴/۲۱	۱۳	۵۷	۱۳۹۷/۰۶/۱۱
۴	۱۸	۱۳۹۷/۰۴/۲۶	۱۴	۴۴	۱۳۹۷/۰۶/۱۵
۵	۱۴	۱۳۹۷/۰۴/۳۱	۱۵	۵۱	۱۳۹۷/۰۶/۲۰
۶	۱۹	۱۳۹۷/۰۵/۰۵	۱۶	۴۸	۱۳۹۷/۰۶/۲۶
۷	۲۲	۱۳۹۷/۰۵/۰۹	۱۷	۳۵	۱۳۹۷/۰۶/۳۱
۸	۳۲	۱۳۹۷/۰۵/۱۶	۱۸	۵۹	۱۳۹۷/۰۷/۰۷
۹	۳۰	۱۳۹۷/۰۵/۲۱	۱۹	۴۰	۱۳۹۷/۰۷/۱۲
۱۰	۳۵	۱۳۹۷/۰۵/۲۶	۲۰	۴۱	۱۳۹۷/۰۷/۱۷

آب موردنیاز برای انجام آزمایش، از یک حلقه چاه عمیق تأمین و به‌وسیله خط لوله از هیدرانت اصلی به یک مخزن با گنجایش حجم ۲۰۰۰ لیتر منتقل شد. این مخزن برای ایجاد ارتفاع ثابت آب دارای سریرز بود تا نوسانات دبی ورودی کاهش یابد. همچنین برای کنترل دقیق میزان کاربرد آب آبیاری از کنتور حجمی پس از مخزن استفاده شد. مقدار کل نیاز آبی محاسبه‌شده ۶۷۶ میلی‌متر بدست آمد و با توجه به بازده آبیاری در نظر گرفته‌شده برای سیستم (۹۰ درصد)، مقدار کل عمق آبیاری برابر با ۷۵۲ میلی‌متر بود.

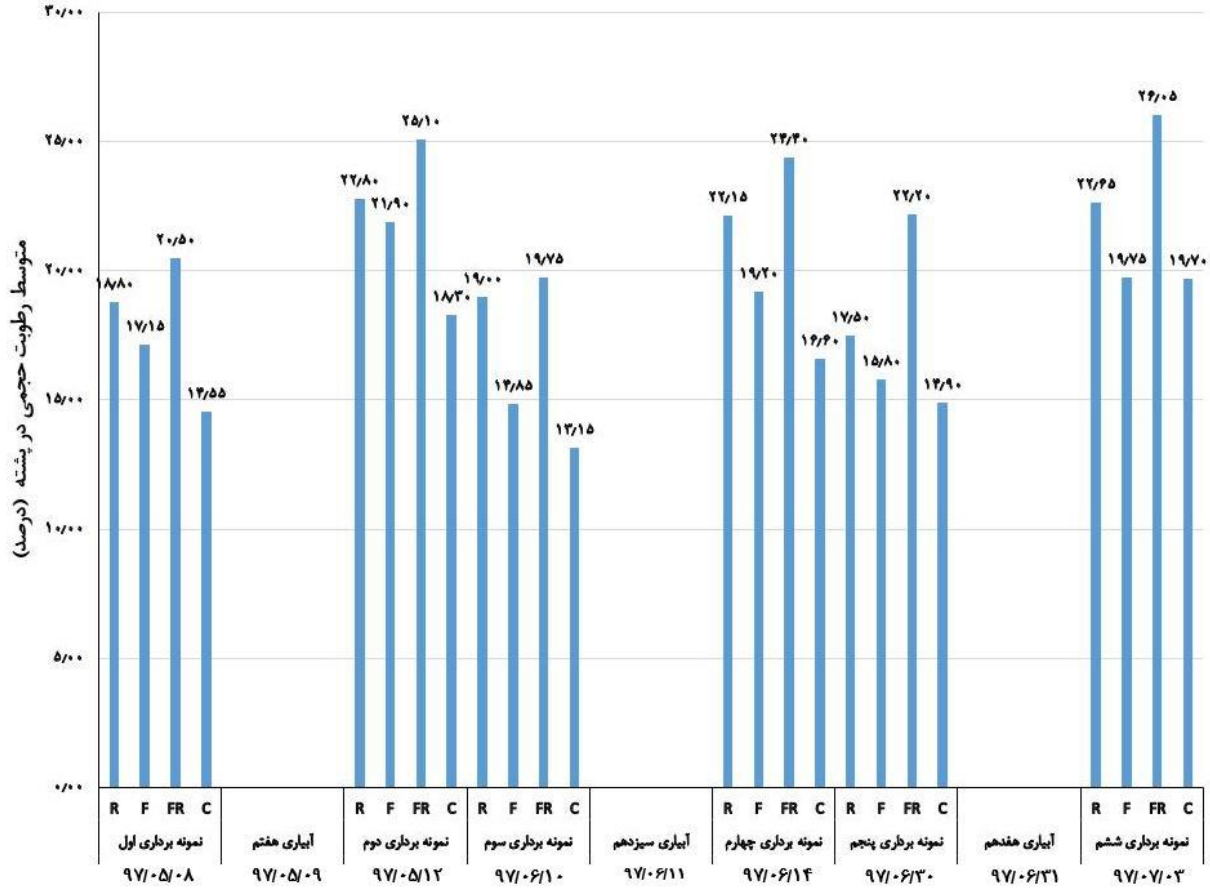
برداشت ذرت علوفه‌ای که معمولاً برای تهیه سیلو استفاده می‌شود، هنگامی است که دانه‌ها حالت شیری پیدا می‌کنند و ساقه و برگ‌ها هنوز سبز رنگ هستند. در این حالت رطوبت بوته و بلال در حدود ۷۵-۷۰ درصد است که به لحاظ کمی و کیفی محصول، بهترین زمان برداشت ذرت سیلویی است (کاظمی اربط، ۱۳۸۸). با توجه به شرایط ذکرشده، ابتدا ارتفاع گیاه ذرت (از سطح زمین تا انتهای گل نر) در هر پلات آزمایشی در ابتدا، وسط و انتهای هر پشته اندازه‌گیری شد و سپس برداشت محصول (زیست‌توده) انجام شد (۲۰ مهر). وزن تر بوته ذرت پس از برداشت با ترازوی دقیق ثبت گردیده و بلافاصله به گرم-خانه برای خشک شدن (در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز) و محاسبه‌ی وزن خشک منتقل گردید. بهره-وری آب به دو طریق محاسبه شد. بهره‌وری وزن خشک از نسبت وزن خشک زیست‌توده (کیلوگرم) به حجم آب آبیاری (مترمکعب) و بهره‌وری وزن تر از نسبت وزن تر زیست‌توده به حجم آب آبیاری برای تیمارها تعیین شد. همچنین به‌منظور بررسی اختلاف میانگین داده‌های بدست آمده از این تحقیق از نظر معنی‌داری آن‌ها در سطوح اطمینان یک و پنج درصد از نرم‌افزار SPSS و آزمون آماری دانکن (Duncan) استفاده شد.

نتایج و بحث

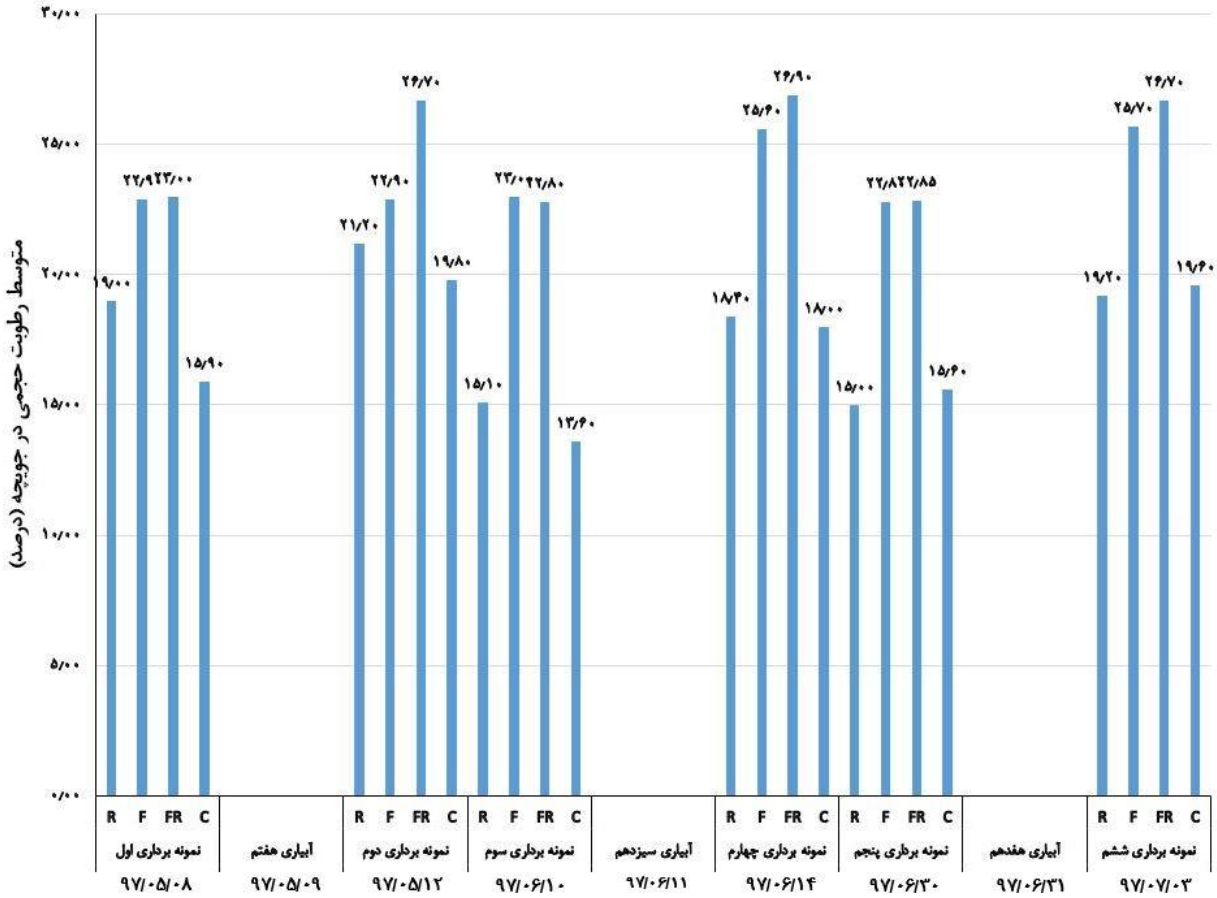
رطوبت خاک در زیر جویچه و پشته

مقادیر متوسط رطوبت زیر پشته و جویچه برای تیمارهای مختلف به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان

داده‌شده است. به‌منظور بررسی جامع‌تر اثر مالچ در حفظ رطوبت خاک و مقایسه کلی بین تیمارهای مختلف، از مقادیر رطوبت زیر پشته و جویچه نیز میانگین‌گیری شد. میانگین درصد رطوبت حجمی در منطقه ریشه (زیر پشته و جویچه) در طول فصل رشد به ترتیب برابر با ۲۴/۸، ۲۳/۸، ۱۸/۰ و ۱۷/۱ برای تیمارهای FR، F، R و C بود. همچنین مقادیر میانگین درصد رطوبت حجمی در زیر پشته برابر ۲۳/۰، ۱۸/۱، ۲۰/۵ و ۱۶/۲ و در زیر جویچه برابر ۲۴/۹، ۲۴/۳، ۱۸/۰ و ۱۷/۱ به ترتیب برای تیمارهای FR، F، R و C بدست آمد. با توجه به شکل‌های ۲ و ۳، نقش مالچ پلاستیکی در حفظ رطوبت خاک در فاصله بین دو آبیاری به‌خوبی قابل‌مشاهده است. از نمونه‌برداری چهارم (۱۴ شهریور) به بعد میزان متوسط رطوبت خاک زیر پشته در تیمارهای دارای مالچ به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند. دلیل این امر می‌تواند رشد گیاه ذرت و سایه انداختن روی پشته و کاهش تبخیر از این قسمت باشد، به‌طوری‌که پس از آبیاری تا نمونه‌برداری به دلیل ایجاد سایه میزان تبخیر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از حالتی است که گیاه در مراحل ابتدایی رشد خود بود. وجود مالچ روی پشته نیز به‌خصوص در مراحل ابتدایی رشد گیاه که هنوز سطح زمین با گیاه پوشیده نشده است در حفظ رطوبت در زیر پشته‌ها نقش مهمی داشت. نتایج نمونه‌برداری‌های اول تا سوم به‌خوبی صحت این امر را بیان می‌کند. در فاصله بین نمونه‌برداری‌های اول تا سوم که گیاه در مراحل ابتدایی رشد خود قرار دارد و سطح سایه‌انداز آن کوچک است و میزان تبخیر در خاک بدون مالچ بیشتر است تفاوت زیادی در میزان رطوبت خاک زیر پشته‌ها با تیمار بدون مالچ وجود دارد. این تفاوت در مقدار تبخیر در تیمارهای دارای مالچ و تیمار شاهد، در تیمار F کمتر بود. در تیمارهایی که مالچ در کف جویچه قرار داشته است (تیمارهای FR و F) به‌طور قابل‌توجهی میزان رطوبت زیر جویچه بیشتر است. همچنین بازه‌ی تغییرات رطوبت در این تیمارها بین نمونه‌برداری‌ها کوچک‌تر است. نکته‌ی دیگری که حائز اهمیت است تفاوت اندک تغییرات رطوبت در زیر جویچه-ها بین تیمارهای C و R است. در تمامی تیمارها میزان رطوبت خاک در روی پشته‌ها و کف جویچه‌ها پس از انجام عمل آبیاری افزایش داشت که این میزان افزایش رطوبت در پشته‌ها بیشتر از کف جویچه‌ها بود. نتایج حاصل از آزمون آماری دانکن روی داده‌های رطوبت اندازه‌گیری شده مشابه هم بدست آمد و نتایج نشان داد که اختلاف میانگین داده‌های رطوبت بدست آمده بین تمام تیمارها در سطح معنی‌داری پنج درصد معنادار بود.



شکل ۲- مقایسه متوسط رطوبت حجمی زیر پشته در تیمارهای مختلف در تمام نمونه‌برداری‌ها



شکل ۳- مقایسه متوسط رطوبت حجمی زیر جویچه در تیمارهای مختلف در تمام نمونه‌برداری‌ها

عملکرد محصول و بهره‌وری آب

نتایج عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف در جدول ۳ ارائه‌شده است. نتایج آزمون آماری دانکن روی اطلاعات متوسط وزن خشک و تر محصول تولیدی و همچنین ارتفاع گیاه ذرت تقریباً مشابه یکدیگر بدست آمد. طبق این نتایج در رابطه با وزن تر، بین تمام تیمارها اختلاف معناداری (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) وجود دارد. در رابطه با وزن خشک محصول تولیدی بین دو تیمار F و FR اختلاف معناداری وجود ندارد ولی بین دو تیمار ذکرشده و دیگر تیمارها اختلاف عملکرد محصول معنادار است. با توجه به جدول ۳، وزن تر محصول برای تیمارهای FR، F و R به ترتیب به مقدار ۶۱، ۵۶ و ۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت اما این افزایش برای وزن خشک محصول به ترتیب برابر با ۴۴، ۴۸ و ۱۹ درصد برای تیمارهای مذکور بود. اختلاف موجود در مقایسه وزن تر و خشک می‌تواند به دلیل وجود آب بیشتر در ساقه تیمارهای دارای مالچ پلاستیک، بخصوص تیمارهایی که دارای مالچ در کف جویچه بودند، باشد. در رابطه با ارتفاع گیاه ذرت در هنگام برداشت بین دو تیمار F و FR اختلاف ارتفاع معناداری مشاهده نشد ولی اختلاف این دو تیمار با دیگر تیمارها معنادار است.

جدول ۳- ارتفاع گیاه، عملکرد تر و خشک و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای

تیمار	وزن تر (تن بر هکتار)	وزن خشک (تن بر هکتار)	متوسط ارتفاع ساقه (متر)	بهره‌وری آب وزن خشک (کیلوگرم بر متر مکعب)	بهره‌وری آب وزن تر (کیلوگرم بر متر مکعب)
R	۶۳/۶ c	۳۹/۹ b	۲/۲ b	۳/۶ c	۵/۷b
F	۸۱/۸ b	۴۹/۴ a	۲/۴ a	۴/۵ a	۷/۴a
FR	۸۴/۵ a	۴۸/۲ a	۲/۴ a	۴/۴ b	۷/۶a
C	۵۲/۴ d	۳۳/۳ c	۲/۱ c	۳/۰ d	۴/۷c

a، b، c و d نشان‌دهنده گروه‌های آماری هستند و حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنادار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

با توجه به نتایج جدول ۳، اجرای مالچ پلاستیکی تأثیر زیادی در افزایش رشد و عملکرد گیاه ذرت علوفه‌ای داشت. نکته دیگری که در این مورد حائز اهمیت می‌باشد، تأثیر محل قرارگیری مالچ در آبیاری جویچه‌ای روی عملکرد محصول است. نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر مربوط به تیمار FR است. میزان عملکرد در تیمار R به‌صورت واضح بیشتر از تیمار شاهد است و دلیل این امر نیز می‌تواند جلوگیری از تبخیر بیشتر آب از پشته‌ها در حضور مالچ پلاستیکی باشد به‌طوری‌که در تمام فصل رشد رطوبت خاک در زیر مالچ پلاستیک بالاتر از تیمار بدون مالچ مشاهده شد که این موضوع سبب می‌شود تا رطوبت مورد نیاز گیاه با صرف انرژی کمتری در اختیار گیاه قرار گیرد. تأثیر مهم دیگر مالچ پلاستیکی جلوگیری از سله بستن خاک با حفظ رطوبت بود که رشد ریشه را در مراحل ابتدایی رشد گیاه تسهیل می‌کند. اختلاف موجود در ارتفاع گیاه ذرت در هنگام برداشت بین تیمارهای دارای مالچ و تیمار شاهد نیز به‌خوبی نمایانگر اثر مالچ پلاستیکی روی رشد گیاه ذرت می‌باشد. اجرای مالچ در کف جویچه نسبت به اجرای مالچ روی پشته نتیجه‌ی بهتری در عملکرد محصول داشت. دلیل این امر نیز می‌تواند جلوگیری از نفوذ آب آبیاری به کف جویچه و درنتیجه نفوذ بیشتر آب به دیواره‌های پشته باشد. درنتیجه در هنگام آبیاری، آب کمتری صرف نفوذ در کف جویچه می‌شود و درنهایت بیشتر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. میزان ارتفاع و وزن خشک در تیمار FR، تفاوت چندانی با تیمار F نداشت. از جدول ۳ می‌توان به رابطه‌ی مستقیم بین ارتفاع گیاه ذرت و عملکرد آن نیز پی برد. نتایج تحقیقات مشابه هم تاکنون اثر مالچ پلاستیکی را روی حفظ رطوبت خاک و افزایش بهره‌وری آب و عملکرد محصول را تأیید کرده‌اند (کین و همکاران، ۲۰۱۵، لی و همکاران، ۲۰۱۷، ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸، آبزی و همکاران، ۲۰۲۰). تفاوت‌های موجود بین تحقیق حاضر با تحقیقات مشابه اخیر مربوط به درصد افزایش محصول و یا بهره‌وری آب می‌باشد که این تفاوت از مدیریت مزرعه‌ای اعم از مدیریت تاریخ کاشت و یا نوع مالچ به کار رفته از نظر ضخامت و شفافیت آن و شرایط منطقه مورد تحقیق از نظر اقلیمی و همچنین سیستم آبیاری مورد استفاده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر استقرار مالچ در آبیاری جویچه‌ای بر رطوبت خاک زیر پشته و جویچه و عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای بررسی شد. نتایج مطالعات مزرعه‌ای نشان داد که وجود مالچ پلاستیک سبب ذخیره رطوبت بیشتر در خاک به‌خصوص در اوایل فصل رشد (نمونه‌برداری اول و دوم) که سطح سایه‌انداز به نسبت مرحله رشد میانی گیاه کمتر بود، شد. این حفظ رطوبت در نمونه‌برداری اول سبب شد تا مقادیر رطوبت خاک برای تیمارهای FR، R و F به ترتیب ۴۰، ۲۸ و ۱۷ درصد و در نمونه‌برداری دوم به همین ترتیب ۳۷، ۲۴ و ۱۹ درصد بیشتر از تیمار بدون مالچ یا شاهد باشد. وجود مالچ در تیمارهای F، FR، R به ترتیب سبب افزایش ۴۸، ۴۵ و ۲۰ درصد در مقدار عملکرد خشک محصول و سبب افزایش ۵۰، ۴۶ و ۲۰ درصد در بهره‌وری آب برای وزن خشک نسبت به حالت بدون استفاده از مالچ شد. همچنین وجود مالچ سبب افزایش ۶۱، ۵۶ و ۲۱ درصد در مقدار عملکرد تر محصول

و افزایش ۶۱، ۵۷ و ۲۱ درصدی بهره‌وری آب تر به ترتیب برای تیمارهای FR، F و R نسبت به حالت بدون استفاده از مالچ تحت مدیریت آبیاری یکسان شد. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از مالچ پلاستیکی در آبیاری جویچه‌ای تأثیر قابل توجه‌ای در افزایش عملکرد محصول و درنتیجه افزایش بهره‌وری آب داشت. تیمارهایی که دارای مالچ پلاستیکی در کف جویچه بودند (F و FR) دارای بالاترین مقدار رطوبت خاک و عملکرد محصول در مقایسه با دیگر تیمارها بودند. توصیه می‌گردد از مالچ پلاستیکی در مزارع به منظور افزایش بهره‌وری آب استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های مشابه در سطوح مختلف آبیاری و برای محصولات مختلف در شرایط آبیاری با آب شور و یا استفاده از نوار تیپ و یا آبیاری جویچه‌ای یک در میان در مناطق دیگر و در شرایط مختلف انجام و نتایج عملکرد و هزینه‌های هر سیستم با یکدیگر مقایسه شود. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از جویچه‌هایی با طول بیشتر از جویچه‌های مورد استفاده در این تحقیق استفاده شود. همچنین بررسی مسائل اقتصادی مصرف مالچ در مزارع و مشکلات جمع‌آوری آن بعد از برداشت محصول در تحقیقات بعدی ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از مالچ پلاستیکی باید همراه با ملاحظات آینده‌گری در مورد اثرات بلندمدت این رویکرد روی خصوصیات مختلف خاک و محیط‌زیست صورت گیرد، چراکه در صورت عدم جمع‌آوری صحیح و استفاده بلندمدت سبب ورود بقایای میکروپلاستیک به داخل خاک می‌شود. البته در سال‌های اخیر انواع مختلفی از مالچ‌های پلاستیکی با قابلیت تجزیه شوندگی در طبیعت عرضه‌شده‌اند تا از بار ورودی میکروپلاستیک‌ها به طبیعت کاسته شود.

فهرست منابع

۱. عباسی، ف.، ف. سهراب و ن. عباسی، ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، جلد ۱۷ شماره ۶۷، صفحه‌های ۱۲۸-۱۱۳.

۲. عباسی ف. ۱۳۹۱. اصول جریان در آبیاری سطحی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۲۱۱ صفحه.

۳. کاظمی اربط، ح. ۱۳۸۸. زراعت خصوصی (جلد اول: غلات). مرکز نشر دانشگاهی. چاپ چهارم

۴. ناصری، ا.، عباسی, ف.، اکبری، م. ۱۳۹۶. برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آب. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی, ۱۸(۶۸)، ۱۷-۳۲.

5. Absy, R., Hassan, A.M., Abdel-Lattif, H.M. and Abuarab, M.E., Effect of plastic mulching and deficit irrigation on yield, water productivity, soil temperature and characteristics of maize. *Plant Archives*, 20(1), pp. 2263-2271
6. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *FAO, Rome*, *300*(9), p.D05109.
7. Cannington, F., Duggings, R.B. and Roan, R.G., 1975. Florida vegetable production using plastic film mulch with drip irrigation. *Proc Nat Agr Plastics Congr*, *12*, pp.11-15.
8. Daryanto, S., Wang, L. and Jacinthe, P.A., 2017. Can ridge-furrow plastic mulching replace irrigation in dryland wheat and maize cropping systems. *Agricultural Water Management*, *190*, pp.1-5.
9. Lament, W.J., 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTechnology*, *3*(1), pp.35-39.
10. Li, C., Wang, C., Wen, X., Qin, X., Liu, Y., Han, J., Li, Y., Liao, Y. and Wu, W., 2017. Ridge–furrow with plastic film mulching practice improves maize productivity and resource use efficiency under the wheat–maize double–cropping system in dry semi–humid areas. *Field Crops Research*, *203*, pp.201-211.
11. Memon, M.S., Ali, K., Siyal, A.A., Guo, J., Memon, S.A., Soomro, S.A., Memon, N. and Ji, C., 2018. Effects of plastic sheet on water saving and yield under furrow irrigation method

in semi-arid region. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *11*(1), pp.172-177.

12. Meskelu, E., Tesfaye, H., Debebe, A. and Mohammed, M., 2018. Integrated Effect of Mulching and Furrow Methods on Maize Yield and Water Productivity at Koka, Ethiopia. *Irrigation and Drainage Systems Engineering*, *7*(207), p.2.
13. Panigrahi, B., Paramjita, D. and Paul, J.C., 2019. Impact of drip and furrow irrigation on tomato yield under mulch and non-mulch conditions. *IJCS*, *7*(5), pp.3202-3207.
14. Qin, W., Hu, C. and Oenema, O., 2015. Soil mulching significantly enhances yields and water and nitrogen use efficiencies of maize and wheat: a meta-analysis. *Scientific Reports*, *5*(1), pp.1-13.
15. Raes, D., 2009. ETo Calculator: a software program to calculate evapotranspiration from a reference surface. *FAO Land Water Division: Digital Media Service*, (36).
16. Yang, Y., Zhang, T., Zhou, L., He, J., Chau, H.W., Zou, Y. and Feng, H., 2018. Impacts of ridge with plastic mulch-furrow irrigation on soil salinity, spring maize yield and water use efficiency in an arid saline area. *Agricultural Water Management*, *201*, pp.268-277.
17. Zhang, Y., Wang, J., Gong, S., Xu, D., Sui, J., Wu, Z. and Mo, Y., 2018. Effects of film mulching on evapotranspiration, yield and water use efficiency of a maize field with drip irrigation in Northeastern China. *Agricultural Water Management*, *205*, pp.90-99.

Effect of Plastic Mulch Placement in Furrow Irrigation on Water Productivity of Fodder Corn

A. Pahlevani, H. Ebrahimian[1], and F. Abbasi

PhD candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.
ali.pahlevani@ut.ac.ir
Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.
ebrahimian@ut.ac.ir
Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
fariborzabbasi@ymail.com

Received: October 2021, and Accepted: March 2022

Abstract

Surface irrigation systems have been widely used in in arid and semi-arid regions of the world, but inappropriate design and management has led to high water losses and reduced water productivity. The objective of this research was to investigate the effect of plastic mulch placements in furrow irrigation on soil water distribution and water productivity under fodder corn production. Field experiments were carried out in Karaj in 2018. Four different treatments were considered in terms of plastic mulch placements including mulch on the ridge (R), mulch on the furrow bed (F), mulch on the ridges and the furrow bed (FR), and a treatment without mulch or control treatment (C). In order to measure water content, soil samples were taken one day before and three days after each specific irrigation event with 5 days intervals from four points (at 0-25 cm and 25-50 cm under the ridges and furrows) for all treatments. The mean values of volumetric water content during the growing season for the FR, F, R and C treatments were 24.8, 23.8, 18.0 and 17.1 percent, respectively. The results indicated that plastic mulch had substantial impact on retaining the soil moisture by reducing evaporation from the soil surface and the treatments with plastic mulch on the bed of the furrow (FR, F) had the highest soil moisture in comparison to the other treatments. Water productivity for dry matter of the FR, F, R and C treatments was 4.5, 4.4, 3.6, and 3.0 kg/m^3, and for fresh matter of the FR, F, R and C treatments was 7.6, 7.4, 5.7, and 4.7 kg/m^3, respectively. Based on the results, using plastic mulch on the furrow bed is recommended in order to reduce water loss and increase water productivity in furrow irrigation. Considering the effect of plastic mulch in maintaining soil water content, it is also recommended to utilize this method with the deficit irrigation method. Economic aspects should be taken into consideration in the future research on this topic.

Keywords: Soil water distribution, Maize, Soil Evaporation

[1] -Corresponding author: Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.