اثر متقابل مالچ و سوپرجاذب بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای(Zea mays) تحت شرایط کم‌آبیاری در منطقه خرم‌آباد

مهری سعیدی نیا[1*]، سید حسین موسوی[2] و سجاد رحیمی مقدم[3]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲)

چکیده

با توجه به کمبود منابع آبی، بارش کم و تبخیر بیش از اندازه در کشور، داشتن برنامهٔ دقیق آبیاری و شیوهٔ مدیریتی مناسب، امری ضروری است. حال به‌منظور بررسی اثر مالچ و سوپرجاذب، پژوهشی در شهر خرم آباد و در سال ۱۴۰۱ به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول تیمار آب آبیاری در چهار سطح شامل آبیاری بر اساس وجود تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I100)، تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی (I80)، تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی (I60) و تأمین ۴۰ نیاز آبی (I40) گیاه بود. فاکتور دوم نیز شامل مواد اصلاحی مالچ گیاهی (M، سوپرجاذب (S) و تیمار شاهد (I) بودند. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین میزان عملکردتر، عملکرد خشک و ارتفاع بوته مربوط به تیمار I100-M بود که به‌ترتیب برابر۸۹/۵۲ تن در هکتار، ۲۹/۴۲ تن در هکتار و ۲/۲۷ متر به‌دست آمد. بیشترین مقدار بهره‌وری تر و بهره‌وری بیولوژیک ازآن I40-S بود که به‌ترتیب برابر ۱۴/۲۴ کیلوگرم علوفه تر به ازای یک متر مکعب آب و ۴/۷۵ کیوگرم ماده خشک به ازای یک متر مکعب آب محاسبه شد. کمترین میزان عملکردتر و خشک مربوط به I40-M بود و کمترین بهره‌وری تر نیز مربوط به تیمار I100- S بود. به‌طور کلی ماده اصلاحی مالچ در تیمارهای با تنش آبی کمتر، عملکرد بهتری داشت ولی با افزایش میزان تنش آبی، عملکرد تیمارهای حاوی مالچ کاهش یافت. ماده اصلاحی سوپرجاذب نیز در تیمارهای آبیاری کامل یا با تنش کمتر ، عملکرد کمتری را نشان داد ولی با افزایش میزان تنش، نتیجه بهتری را رقم زد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نواری قطره‌ای، مدیریت آب در مزرعه ، راندمان آب

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۲. گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳. گروه و مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد. ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mehri_saeedinia@yahoo.com

مقدمه

ذرت با نام علمی Zea mays یکی از مهم‌ترین غلات به شمار می‌رود که از جنس Zea است و دارای گونه‌های زیادی است (۳۲). محدودیت در منابع آب و تنش‌آبی باعث ایجاد محدودیت در تولید محصولات کشاورزی است. به این صورت که تنش آبی گیاه را در مراحل مختلف رشد دچار اختلال می‌کند (۱۱). حال کم‌آبیاری روشی کارآمد برای بالا بردن بازدهی و افزایش کارایی مصرف آب آبیاری است که می‌تواند در مناطق خشک و نیمه خشک برای جلوگیری از اثرات تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد (۲۶). در شرایط کنترل شده آبیاری قطره‌ای می‌تواند با کاهش میزان آب آبیاری سبب افزایش بهره‌وری، راندمان آبیاری و کارایی مصرف آب برای محصولات مختلف شود (۷). استفاده از مالچ بقایای گیاهی در بین ردیف‌های کشت یکی از راهکارهایی است که می‌تواند ضمن حفظ رطوبت خاک از طریق کاهش تبخیراز خاک و تعرق از علف‌های هرز باعث کاهش آب آبیاری مصرفی و افزایش عملکرد محصول شود (۹). ماده‌ای دیگر که جهت حفظ و نگهداری رطوبت در خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد پلیمرهای سوپرجاذب است. هیدروژل سوپرجاذب پلیمری آبدوست با شبکه سه بعدی است که قابلیت جذب و نگهداری مقادیر زیادی آب و محلول‌های آبی را دارد، حتی اگر تحت فشار باشد (۳۵). پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب در خود ذخیره نمایند و قابلیت نگهداری و ذخیره سازی آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره شده در این مواد در شرایط تنش آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می‌گیرد (۱۵). همچنین برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از سوپرجاذب‌ها در خاک‌های شنی عملکردی بهتری را نشان می‌دهد (۲).

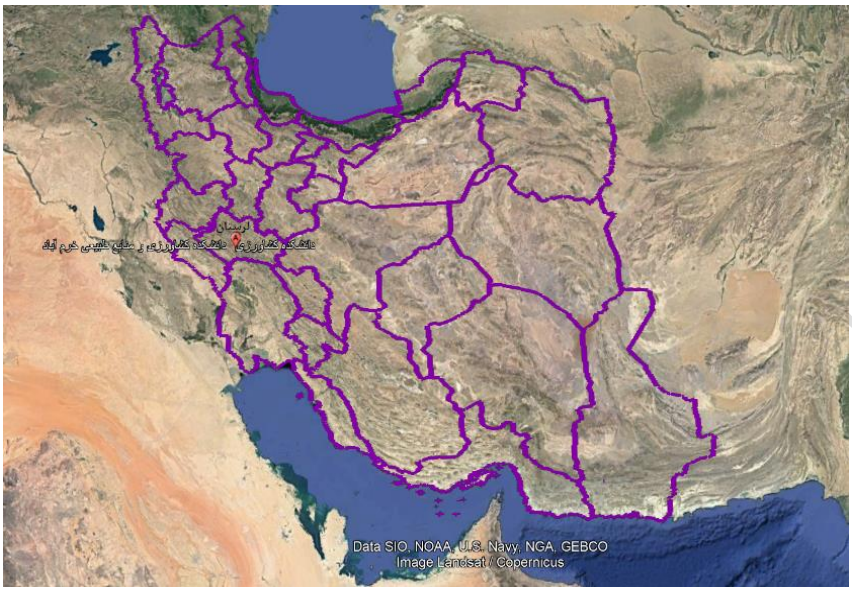
برخی پژوهشگران هندی طی یک تحقیقی، نشان دادند که میزان تلفات آب، تحت آبیاری قطره‌ای برای کشت ذرت، ۵۰ درصد کل آب مصرفی بوده است (۲۲). نتایج مطالعه‌ای که بر روی سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم در هند انجام شد، نشان داد که اگرچه در سامانه آبیاری قطره‌ای عملکرد گندم حدود ۱۰/۸٪ کاهش پیدا کرد، اما استفاده از این سامانه باعث افزایش بهره‌وری آب به‌میزان ۲۴/۲۴٪ نسبت به سامانه آبیاری سطحی در کرت‌های نواری شد (۸). تحقیق دیگری در اهواز به‌منظور مقایسه و پایش دو سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی برای کشت گندم و ذرت صورت گرفت که نتایج آن نشان داد حجم آب کاربردی در سامانه قطره‌ای برای کشت‌های ذرت و گندم به‌ترتیب ۲۴٪ و ۳۲٪ نسبت به سامانه سطحی کمتر بود. همچنین بهره‌وری آب در سامانه قطره‌ای برای کشت ذرت در عملکرد علوفه‌ای و دانه‌ای به‌ترتیب ۱۶٪ و ۲۱٪ و برای کشت گندم به میزان ۳۵٪ نسبت به سامانه آبیاری سطحی بیشتر بود (۲۴). برخی محققین نیز به‌منظور ارزیابی تأثیر انواع مالچ بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه ذرت علوفه‌ای و علوفه تولیدی، آزمایشی در سمنان انجام دادند. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش به نظر می‌رسد که از پوشش پلاستیکی می‌توان برای کاهش اثرات شوری آب آبیاری و بهبود پارامترهای رشد ذرت علوفه‌ای بهره جست (۵). طی یک تحقیق در اهواز، به‌منظور بررسی میزان تبخیر از سطح خاک و راندمان مصرف آب در ذرت دانه‌ای، به مقایسه روش‌های آبیاری قطره‌ای در شرایط پوشش مالچ شفاف پلاستیکی و بدون پوشش پرداختند. نتایج نشان داد در بین روش‌های آبیاری، آبیاری قطره‌ای نواری پوشش‌دار باعث افزایش ۱۳ درصدی عملکرد و کارایی مصرف آب شد که علت آن را می‌توان به کاهش میزان تبخیر از سطح خاک نسبت داد (۲۹). همچنین برخی دیگر از محققین اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت تنش رطوبتی در اصفهان را مورد مطالعه قراردادند. نتایج نشان داد تیمار تأمین ۱۰۰٪ تخلیه رطوبتی با عملکرد محصول ۶۶۵۰۷ کیلوگرم بر هکتار و بهره‌وری آب ۱۱/۶ کیلوگرم بر متر مکعب بهترین تیمار بود (۴). محققین چینی در پژوهشی با هدف بررسی اثر آبیاری قطره‌ای در شرایط پوشش سطح خاک با مالچ بر تبخیر- تعرق ذرت بهاره، دریافتند که پوشش مالچ و اعمال مدیریت آبی نظیر کم‌آبیاری، می‌تواند

به‌طور قابل توجهی میزان تبخیر- تعرق (ETc) و تبخیر از سطح خاک (Es) را کاهش دهد. محققین این پژوهش دو تیمار آبی را اعمال کردند که یکی ۱۰۰ درصد نیاز آبی و دیگری کم آبیاری مبتنی بر مراحل رشد گیاه بود به این صورت که در اواخر مرحله رشد رویشی و مرحله زایشی ۴۰ درصد نیاز آبی به گیاه داده شده. میزان ETc حاصل شده برای تیمار ۱۰۰ درصد برابر ۵۰۷/۹ و ۵۱۹/۱ میلی‌متر و برای تیمار ۴۰ درصد نیز برابر ۴۲۸/۹ و ۴۳۰/۹ میلی‌متر حاصل شد. در هر دو تیمار نسبت تعرق به تبخیر۹۰ درصد حاصل شد که نشان داد که عمده آب مصرفی صرف تعرق در گیاه شده است و تبخیر کاهشی چشم‌گیر داشته است (۳۴). جهت بررسی اثرات کم‌آبیاری بر روند رشد، خصوصیات کمی، کیفی و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در کرمانشاه مطالعه‌ای انجام شد. نتایج نشان که اعمال تنش ۴۰ درصد کم‌آبی در صفات عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال به‌ترتیب با مقادیر ۳۶۳۱ کیلوگرم، ۱۲۱۴۳ کیلوگرم، ۲۱۱/۶۶ کیلوگرم و ۲۸۸ عدد باعث کاهش ۶۹، ۴۹، ۱۱ و ۲۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد. لذا، کم‌آبیاری ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۶ در کرمانشاه توصیه نمی‌شود (۲۷). برخی دیگر از محققین در چین به بررسی اثر مالچ بر روی کشت یونجه و کارایی مصرف آب پرداختند. نتایج نشان داد میزان عملکرد به میزان ۳۸/۵ درصد و میزان کارایی مصرف آب به میزان ۴۳/۷ درصد افزایش یافت (۲۳). در تحقیقی برهم‌کنش بین سوپرجاذب (۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف) و فواصل آبیاری (۱۴، ۱۰ و ۷ روز) در شرایط آب و هوایی مشهد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت بررسی شد. نتایج نشان داد در سطح ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار تفاوت قابل ملاحظه‌ای در تمامی صفات زراعی ذرت در بین فواصل آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز وجود نداشت. به نظر می‌رسد که افزایش مصرف سوپرجاذب در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نهایت در کاهش اثرات سوء تنش خشکی مؤثر بوده است (۱۷). همچنین در پژوهش دیگری محققان نتیجه گرفتند که کاربرد سوپرجاذب باعث صرفه‌جویی در آب آبیاری به میزان ۱۳/۴ درصد در طول دوره رشد محصول ذرت رقم سینگل کراس۷۰۳ گردید و استفاده از سوپرجاذب در بالا بردن بهره‌وری آب مؤثر بوده است (۱). طی تحقیقی بر گیاه کلزا در شهر کرج، نتایج نشان داد که پلیمر سوپرجاذب می‌تواند آثار منفی تنش آبی را با جذب، حفظ و نگهداری رطوبت به‌صورت معنی‌داری کاهش دهد. همچنین مصرف سوپرجاذب در لوبیا قرمز سبب افزایش مقاومت در خشکی و ماده خشک این گیاه می‌شود (۳۳). در پژوهشی با هدف تحلیل اثر کاربرد سوپرجاذب رطوبت بر عملکرد گیاهان زراعی در ایران به‌طور کلی نتایج نشان داد که تأثیر سوپرجاذب بر عملکرد دانه و ماده خشک معنی‌دار و بر شاخص برداشت ناچیز است و بیشترین اندازه اثر بر عملکرد دانه، مربوط به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار به‌دست آمد. همچنین مقادیر بیشتر از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بر خلاف عملکرد ماده خشک، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانه نداشت (۱۶).

با توجه به نتایج تحقیق‌های انجام شد، بررسی میزان عملکرد محصولات تحت شرایط مدیریت‌های مختلف مانند استفاده از سوپرجاذب، مالچ، آبیاری قطره‌ای نواری، کم آبیاری و ... به‌صورت منطقه‌ای ضروری است. بر اساس توضیحات ارائه شده ذرت یکی از محصولات راهبردی در کشور است. همچنین با توجه به محدودیت منابع آب قابل دسترس و تبخیر بالا در خرم‌آباد در فصل کشت ذرت، ایجاد شرایطی جهت کاهش تبخیر از سطح خاک و مدیریت آب در کشت ذرت بسیار حائز اهمیت است. لذا هدف از این تحقیق، بررسی میزان عملکرد ذرت علوفه‌ای، تحت آبیاری قطره‌ای نواری ، مدیریت کم‌آبیاری توام با استفاده از مالچ و سوپر جاذب جهت مدیریت بهتر آب مزرعه است.

مواد و روش

تحقیق حاضر تحت شرایط اقلیمی خرم آباد با مختصات جغرافیایی منطقه ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۴۷ متری از سطح دریا انجام گرفت (شکل ۱). با توجه به اینکه گیاه ذرت محصولی راهبردی است و سطح زیر



شکل ۱. موقعیت مکانی مزرعه

کشت زیادی در کشور و منطقه دارد، به همین منظور این گیاه (رقم SC-704) انتخاب شد. در این تحقیق مواد اصلاحی شامل مالچ آلی و سوپرجاذب مورد استفاده قرار گرفت. مالچ مورد استفاده از شرکت گیلدا تهیه شد که شامل خرده چوب جنگلی و الیاف پوسیده درختان بود. همچنین سوپر جاذب خریداری شده از شرکت دم برگ به‌صورت گرانولی و ازنوع یونی پایه پتاسیم با اندازه ذرات ۸۰۰–۲۰۰۰ میکرون، با PH بین ۵/۵ تا ۸، عدم حلالیت در آب و نقطه ذوب بالاتر از ۱۹۹ درجه مورد استفاده قرار گرفت. استفاده شد. سوپرجاذب در عمق ۲۰–۱۵ سانتی‌متری خاک قرار گرفت اما مالچ روی سطح خاک ریخته شد. سیستم آبیاری نیز بر اساس سیستم آبیاری قطره‌ای نواری (Tape) با فواصل ۱۵ سانتی‌متر برای هر قطره‌چکان تنظیم شد. برای تعیین خصوصیات خاک مزرعه تحقیقاتی در ابتدای کار و قبل از کشت ذرت از نقاط مختلف مزرعه نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس نمونه‌ها جهت آنالیز به آزمایشگاه داده شد. همچنین برای محاسبه رطوبت ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم خاک (PWP) از دستگاه صفحات فشاری استفاده شد. نتایج آنالیز آن در جدول ۱ ارائه شده است.

در این پژوهش ذرت رقم SC-704 در تاریخ ۱۴۰۱/۴/۱۱ کشت شد. برای این منظور ابتدا زمین شخم، دیسک و ماله‌کشی شد پس از آن کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار به زمین داده شد و توسط دیسک در زمین پخش شد. همچنین میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (یک سوم پایه و دو سوم سرک) به زمین داده شد که نیمی از آن در مرحله سه برگی شدن و نیمی دیگر در مرحله رشد ساقه به ذرت داده شد. پس از تسطیح و ایجاد فاروها کرت‌های آزمایشی به مساحت ۴×۴ متر ایجاد شد. جهت کنترل اثرات تیمارهای آزمایش روی یکدیگر فاصلهٔ کرت‌های آزمایشی از هم ۱ متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایش به‌صورت دستی به پشته به فواصل ۷۵ سانتی‌متری و عمق ۱۰ سانتی‌متری تقسیم و بذر ذرت در عمق ۵ سانتی‌متر در حدود ۵ سانتی‌متر پایین پشته کشت شد. در این پژوهش آبیاری به روش قطره‌ای نواری (Tape) انجام شد و برخی خصوصیات کیفی آب مورد استفاده برای آبیاری نیز سنجیده شد (جدول ۲).

این تحقیق در قالب طرح فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول تیمار آب آبیاری در ۴ سطح شامل آبیاری بر اساس وجود تأمین ۱۰۰ درصد نیازآبی (I00)، تأمین ۸۰ درصد نیازآبی (I80)، تأمین ۶۰ درصد نیازآبی (I60) و تأمین ۴۰ نیازآبی (I40) بود. فاکتور دوم شامل مدیریت کاهش تنش آبی

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق خاک	بافت خاک	N% (ppm)	P% (ppm)	K% (ppm)	ρ_b (gr/cm^3)	FC (٪ حجمی)	PWP (٪ حجمی)
۳۰-۰	Silty loam	۰/۱۳۱	۶/۰۲	۳۶۰	۱/۵۶	۳۰/۷۶	۱۶/۲
۶۰-۳۰	Silty loam	۰/۰۹۱	۵/۷۵	۳۲۱	۱/۸۶	۳۵/۷۳	۱۸/۵۶
۹۰-۶۰	Silty loam	۰/۰۲۴	۵/۶۴	۲۹۸	۱/۸۸	۳۵/۸۷	۱۸/۸۱

جدول ۲. خصوصیات کیفی آب آبیاری در طول دوره رشد

PH	EC (ds/m)	TDS (mg/l)	Ca^{2+} (meq/l)	Mg^{2+} (meq/l)	Na^{+} (meq/l)	SAR
۷	۰/۶	۳۹۷	۴/۶	۱/۶	۱/۲۸	۰/۷۳

با استفاده از مالچ گیاهی (۷/۵ تن بر هکتار) (M) ، تیمار شاهد(بدون استفاده از هیچ ماده‌ای) (I) و سوپرجاذب (۷۵ کیلوگرم در هکتار) (S) و در نظر گرفته شد.

آزمایش در مجموع شامل ۱۲ تیمار و ۳۶ کرت (شکل ۲) بود.

دور آبیاری به‌طور متوسط ۳روز (دور آبیاری رایج منطقه برای آبیاری نواری قطره‌ای (تیپ)) در نظر گرفته شده است. برای تعیین عمق آبیاری نیز از تشت تبخیر کلاس A تعبیه شده در مزرعه استفاده شد. راندمان آبیاری طبق برخی پژوهش‌ها (Ea) ۹۵ درصد و با در نظر گرفتن ۵ درصد تلفات محاسبه شد (۳۳). برای محاسبهٔ آب مورد نیاز ذرت، تبخیر – تعرق گیاه ذرت به‌عنوان عمق خالص آبیاری و عمق ناخالص به‌عنوان میزان آب داده شده برای دستیابی به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی انجام شد. سایر تیمارها درصدی از نیاز کامل آبیاری بود. در ابتدا میزان تبخیر در هر دور آبیاری محاسبه و میزان ET_0 به‌صورت زیر به‌دست آمد(۳).

$$ET_0 = K.(E_{pan}) \qquad (۱)$$

که در این رابطه، ET_0: تبخیر – تعرق مرجع، K: ضریب تشت که ما در این آزمایش ۰/۷ در نظر گرفته شد و E_{pan}: میزان عمق آب بخار شده از تشت است. حال برای محاسبه تبخیر – تعرق گیاه ذرت فرمول زیر مورد استفاده قرار گرفت.

$$ET_C = ET_0.K_C \qquad (۲)$$

که در این فرمول، ET_C: تبخیر – تعرق گیاه ذرت، ET_0: تبخیر– تعرق مرجع و K_C ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای است که از مجله فائو استخراج شد. میزان ضریب گیاهی در مراحل اولیه طبق اندازه موجود مجله فائو ۵۶ در نظر گرفته شد. اما برای مرحله میانی و پایانی رشد برای اقلیم خرم‌آباد کالیبره شد. نحوه کالیبره کردن ضریب گیاهی در دوره میانی رشد به‌صورت زیر است:

$$K_{cmid} = K_{cmid(tab)} + \left[0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)\right]\left(\frac{h}{3}\right)0.3 \qquad (۳)$$

که $K_{c\ mid(tab)}$: مقدار ضریب گیاهی در مجله فائو در مرحله میانی رشد، u_2: میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری بالای سطح چمن در مرحله میانی رشد (بین ۱ تا ۶ متر بر ثانیه)، RH_{min}: میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله میانی رشد (درصد)، بین ۲۰ تا ۸۰ درصد ، و h: میانگین ارتفاع گیاه در مرحله میانی رشد (بین ۰/۱ تا ۱۰ متر).

حال برای مرحله پایانی رشد نیز به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$K_{cend} = K_{cend(tab)} + \left[0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)\right]\left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \qquad (۴)$$

$K_{c\ end\ (tab)}$: مقدار ضریب گیاهی در مجله فائو در مرحله پایانی رشد، u_2: میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری بالای سطح چمن در مرحله پایانی رشد (بین ۱ تا ۶ متر بر ثانیه)،

شکل۲. جانمایی طرح

RH_{min}: میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله پایانی رشد (درصد)، بین ۲۰ تا ۸۰ درصد، و h: میانگین ارتفاع گیاه در مرحله پایانی رشد (بین ۰/۱ تا ۱۰ متر). میزان به‌دست آمده برای K_c در مراحل مختلف رشد در جدول ۳ ارائه شده است.

با توجه به عدم بارش در تابستان (جدول۴) و همچنین ناچیز بودن میزان آب خارج شده از منطقه گیاه، ET_C برابر عمق خالص آبیاری در نظر گرفته شد. عمق ناخالص آبیاری نیز طبق معادله ۵ محاسبه شد.

$$d_g = dn / Ea \qquad (۵)$$

که در این رابطه dg: عمق ناخالص آبیاری، dn: عمق خالص آبیاری و Ea: راندمان آبیاری در نظر گرفته شد. پس از محاسبه عمق آبیاری برای محاسبه حجم آب، میزان عمق در مساحت کرت‌ها ضرب شد و حجم به‌دست آمده توسط کنتور حجمی با حداکثر دبی خروجی ۱۰ متر مکعب در ساعت کنترل شد. نتایج به‌دست آمده برای هر تیمار در جدول ۵ ارائه شده است.

در پایان فصل، برداشت محصول با حذف دو خط کاشت از اطراف هر کرت از سطحی معادل یک متر مربع از خطوط کاشت داخلی صورت گرفت. ارتفاع بوته در زمان برداشت در مزرعه و قبل از کف پر کردن بوته اندازه‌گیری شد. سپس با انتقال بوته‌ها به آزمایشگاه عملکرد تر و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شد. در نهایت برای بررسی اثر تیمارهای مختلف روی بهره‌وری آب شاخص بهره‌وری آب با استفاده از معادله (۶) محاسبه شد که جهت استفاده از این معادله از وزن تر ذرت و وزن خشک ذرت جهت محاسبه بهره‌وری طبق برخی پژوهش‌ها استفاده شد (۱۸ و ۱۰).

$$WP_I = Y / I \qquad (۶)$$

در رابطه بالا: Y: عملکرد بیولوژیک و عملکرد تر (کیلوگرم در هکتار) ، I: میزان آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) و WP_I: بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم در متر مکعب) است. در این تحقیق جهت آنالیز آماری نرم‌افزار SAS و برای رسم نمودارها، نرم‌افزار EXCEL مورد استفاده قرار گرفت.

جدول۳. ضرایب گیاهی و میانگین عمق آبیاری در طول دوره رشد

مرحله رشد	ضریب گیاهی مجله فائو	ضریب گیاهی محاسبه شده	میانگین عمق آبیاری (میلی‌متر)
ابتدایی	۰/۳	۰/۳	۱۱/۳
میانی	۱/۲	۱/۱۶	۳۲/۱
پایانی	۰/۵۵	۰/۷	۱۶/۸

جدول۴. داده‌های هواشناسی

میانگین سرعت باد منطقه (متر بر ثانیه)	میانگین حداقل رطوبت نسبی منطقه (٪)	حداقل دما در طول دوره رشد (سانتی‌گراد)	حداکثر دما در طول دوره رشد (سانتی‌گراد)	میانگین بارش در طول فصل رشد (میلی‌متر)
۲/۲۸	۲۲/۴	۲۰	۴۰/۵	.

جدول ۵. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری و مواد اصلاحی بر عملکرد و بهره وری آب ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی Df	میانگین مربعات				
		عملکرد خشک	عملکرد تر	ارتفاع بوته	بهره‌وری تر	بهره‌وری بیولوژیک
آبیاری	۳	۱۳۳/۴۳*	۱۱۰۲/۷*	۰/۴۹*	۱۷/۲۳*	۱/۹۶*
مواد اصلاحی	۲	۹/۷۹*	۱۴۵/۹*	۰/۰۰۷*	۲/۰۸*	۰/۱۱*
آبیاری. مواد اصلاحی	۱۲	۱۰/۵۲*	۱۰۷/۸*	۰/۰۱۸*	۲/۶۳*	۰/۲۷*
خطا	۴۰	۰/۷	۲/۴	۰/۰۱۶	۰/۰۷	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات Coefficient of variation		۳/۵۷	۲/۲۱	۶/۴۳	۲/۲۵	۳/۳۸

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف آبیاری و مواد اصلاحی در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد، اثرات تیمارهای آبیاری و مواد اصلاحی، هر کدام جداگانه بر صفات عملکرد خشک، عملکرد تر، ارتفاع بوته، بهره‌وری تر و بهره‌وری بیولوژیک در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد. علاوه بر این، اثر متقابل تیمارهای آبیاری و مواد اصلاحی بر فاکتورهای فوق نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

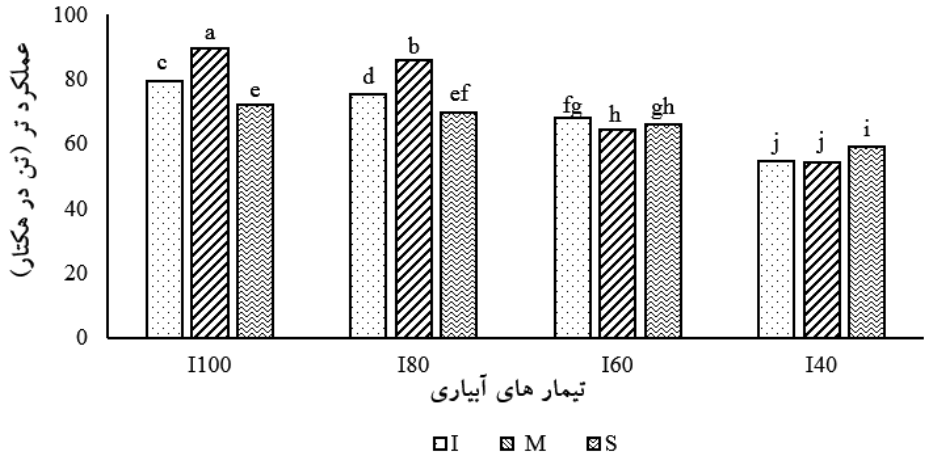
از این رو مقایسهٔ میانگین صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون دانکن انجام شد (جدول ۶) . نتایج مربوط به هریک از صفات اندازه گیری شده تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده به‌صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفته است.

عملکرد تر

باتوجه به نمودار عملکرد تر در شکل ۳، در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی، میزان عملکرد تر در تیمارM -I100 یعنی تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ماده اصلاحی مالچ (۸۹/۵۲ تن در هکتار) با سطح اصمینان ۹۵ درصد، بیشتر از تیمارهای S -I100 (تیمار صد درصد نیاز آبی و سوپر جاذب) وI100 (تیمار صد درصد نیاز آبی بدون هیچ ماده اصلاحی (شاهد)) بود اما میزان عملکرد تر در تیمار S -I100 به‌صورت معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد شد.

جدول ۶. جدول مقایسه میانگین خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه ذرت علوفه‌ای

تیمار	عملکرد خشک (تن در هکتار)	عملکرد تر (تن در هکتار)	ارتفاع بوته (متر)	بهره‌وری بیولوژیک (کیلوگرم در متر مکعب)	بهره‌وری تر (کیلوگرم در متر مکعب)
I100 M	۲۹/۴۲ a	۸۹/۵۲a	۲/۲۷ a	۳/۷۴ gh	۱۱/۳۷f
I80 M	۲۹/۳۸ a	۸۶/۰۹ b	۲/۱۷ a	۴/۴۳ bc	۱۲/۹۹ bc
I100	۲۶/۳۸ b	۷۹/۴۳ c	۲/۲۵ a	۳/۳۵ i	۱۰/۱ g
I80	۲۵/۶۹ bc	۷۵/۱۹ d	۲/۰۹ ab	۳/۸۸ fgh	۱۱/۳۴ f
I100 S	۲۴/۶۸c	۷۲ e	۲/۱۵ a	۳/۱۴i	۹/۱۵h
I80 S	۲۴/۳۱ c	۶۹/۷۶ ef	۲/۱۸ a	۳/۶۷h	۱۰/۵۳g
I60	۲۲/۲۶ d	۶۷/۹ fg	۱/۹۱ bc	۴/۱۴ de	۱۲/۶۱ cd
I60 S	۲۲/۰۹ d	۶۵/۸ gh	۱/۹۲ bc	۴/۱ def	۱۲/۲۲ de
I60 M	۲۱/۲۷ d	۶۴/۲۸ h	۱/۷۹ cd	۳/۹۵ efg	۱۱/۹۴ e
I40 S	۱۹/۶۶e	۵۸/۹۵ i	۱/۶۱ d	۴/۷۵ a	۱۴/۲۴ a
I40	۱۸/۹۷ ef	۵۴/۷۶ j	۱/۷۹ cd	۴/۵۸ ab	۱۳/۲۳ b
I40 M	۱۷/۸ f	۵/۲۸ j	۱/۷۶ cd	۴/۳ cd	۱۳/۱۲b



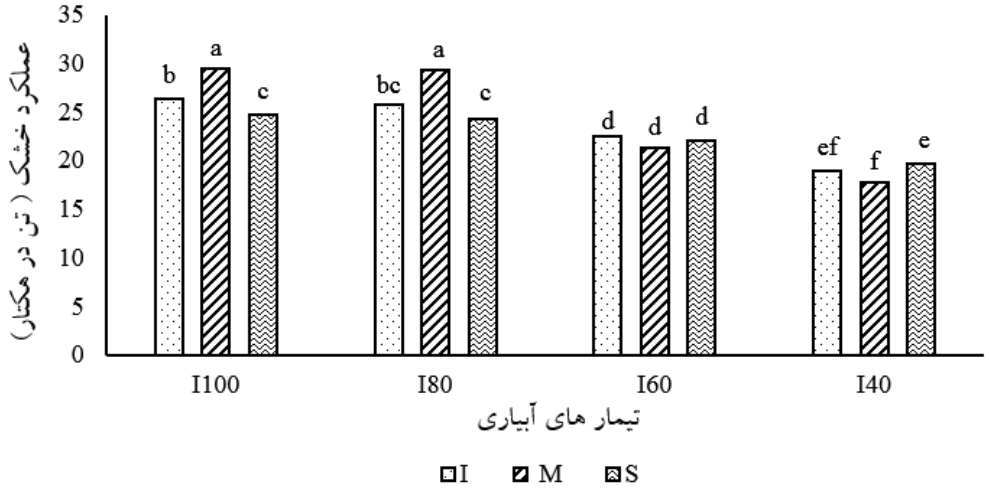
شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین عملکرد تر ذرت علوفه‌ای

همین روند در تیمارهای مربوط به سطح آبیاری ۸۰ درصد نیز مشاهده شد به‌گونه‌ای که بیشترین میزان عملکرد تر به تیمار I80- M و بعد تیمار شاهد و در نهایت در این سطح آبیاری، کمترین میزان عملکرد به تیمار I80- S تعلق گرفت. بر اساس این نتایج، تحت آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، کاربرد مالچ باعث افزایش معنی‌دار عملکرد تر می‌شود اما استفاده از سوپر جاذب سبب کاهش عملکرد تر می‌شود. به نظر می‌رسد دلیل کاهش عملکرد در تیمار کاربرد سوپرجاذب در این حالت به ایجاد شرایط ماندابی و مرطوب شدن بیش از حد خاک که در سطح مزرعه مشاهده شد باشد. در سطح آبیاری ۶۰ و ۴۰ درصد تأمین نیاز آبی، میزان عملکرد تر در تیمارهای سوپرجاذب نسبتا بهتر از تیمارهایی بود که از مالچ استفاده شد.

زیرا در این حالت، سوپرجاذب باعث نگهداشت رطوبت موجود در خاک شده و از سوی دیگر مالچ در این سطوح ابیاری، خود به‌عنوان یک جاذب رطوبت عمل کرده و اجازه نفوذ آب به لایه‌های پایینی خاک را نداد. البته قابل ذکر است که در این سطوح آبیاری، تفاوت بین عملکرد تر تیمارهای حاوی مالچ و سوپرجاذب و تیمار شاهد معنی‌دار نشد. با بررسی نتایج این پژوهش، استفاده از مالچ در سطوح ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی پیشنهاد می‌شود زیرا سبب بهبود عملکرد تر در ذرت می‌شود اما در سطوح پایین تر استفاده از مالچ نه تنها عملکرد را افزایش نمی‌دهد بلکه سبب کاهش آن نیز می‌شود. بنابراین هنگامی که تنش بیشتر از ۶۰ درصد نیاز آبی به ذرت وارد شود، استفاده از مالچ حاوی خرده چوب و الیاف آن توصیه نمی‌شود. اما سوپر جاذب در سطوح ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی عملکردی پایینی از خود نشان داد اما در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی بیشترین میزان عملکرد مختص به سوپر جاذب بود و این بهبود به‌صورت معنی‌داری روی عملکرد ذرت تأثیر گذاشت. برخی محققین در پژوهشی نشان دادند که با اعمال کم‌آبیاری، می‌توان ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد ماده خشک ، کشت ذرت علوفه‌ای را توسعه داد (۶). محققین دیگری در پژوهشی که روی اثر سوپر جاذب بر علمکرد ذرت بود نیز نشان دادند که بیشترین مقدار علوفه تر در تیمار I50 M1 S2 که نشان دهنده ۵۰ درصد نیاز آبی است به میزان ۲۳۹۵۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار I75 M2 S1 که نشان دهنده ۷۵ درصد نیاز آبی است به میزان ۱۷۴۹۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نشان دهنده بهتر بودن عملکرد ذرت در تیمارهایی با تنش بیشتر است (۲۰). در تحقیقی پس از استفاده از مالچ پومیس برای ذرت علوفه‌ای این نتیجه به‌دست آمد که وزن تر زیست‌توده در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نسبت به آبیاری ۵۰ و ۷۰ درصد ۳۳/۳ و ۹ درصد افزایش ایجاده کرده است (۲۶). پژوهشگران دیگری نیز با بررسی اثر مالچ پلاستیک سیاه، سفید و کاه وکلش به این نتیجه رسیدند که مصرف انواع مالچ سبب افزایش زیست‌توده این گیاه می‌شود (۱۴). در تحقیق دیگری بر روی ذرت داده‌ها حاکی از آن بودند که تفاوت بین تیمارهای مختلف معنی‌دار بود. به‌عنوان مثال عملکرد علوفه در تیمار آبی صد در صد نسبت به تیمار ۷۵ درصد و ۵۰ درصد به‌ترتیب ۹/۰۹ و ۲۴/۸۳ درصد برتری داشت (۳۰).

عملکرد خشک

روند تغییرات در میزان عملکرد خشک تحت تیمارهای مختلف، تقریبا مشابه عملکرد تر است. همان‌طور که نمودار مربوط به عملکرد خشک در شکل ۴ نشان می‌دهد، در تیمارهای مالچ و سوپرجاذب با تأمین ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیازآبی، کاربرد این دو ماده نسبت به تیمار شاهد، اثر معنی‌داری بر روی میزان عملکرد خشک داشته است. افزایش عملکرد خشک در تیمارهای مالچ نسبت به تیمار شاهد در سطح آبی تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، به‌ترتیب ۱۱/۵ درصد و در سطح آبیاری ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی، ۱۴/۳ ٪ به‌دست آمد. اما کاهش عملکرد خشک در تیمارهای سوپر جاذب نسبت به تیمار شاهد در سطح آبی تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، به‌ترتیب ۶/۵ ٪ و در سطح آبیاری ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی، ۵/۴ ٪ حاصل شد. بنابراین در این سطوح آبی، میزان عملکرد خشک در تیمار مالچ نسبت به تیمار سوپرجاذب به‌صورت معنی‌داری بیشتر بوده است به عبارت دیگر در سطوح آبی۱۰۰ و ۸۰ درصد نیازآبی، استفاده از مالچ پیشنهاد می‌شود. در سطوح آبی ۴۰ و ۶۰ درصد نیازآبی، تفاوت عملکرد خشک تیمارهای مواد اصلاحی و تیمار شاهد معنی‌دار نبود. در واقع در تیمارهای با تنش بالا ، اثرات این مواد اصلاحی در خاک برای افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد قابل ذکر نیست. در سطح آبیاری ۴۰ درصد نیاز آبی، تیمار حاوی مالچ کمترین میزان عملکرد خشک را به خود اختصاص داده است (۱۷/۸ تن در هکتار). بر اساس توضیحات ارائه شده، می‌توان نتیجه گرفت که میزان بهینه عملکرد خشک برای مواد مالچ و سوپر جاذب تحت تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی حاصل می‌شود. همچنین طبق مطالعه‌ای نشان داده شد

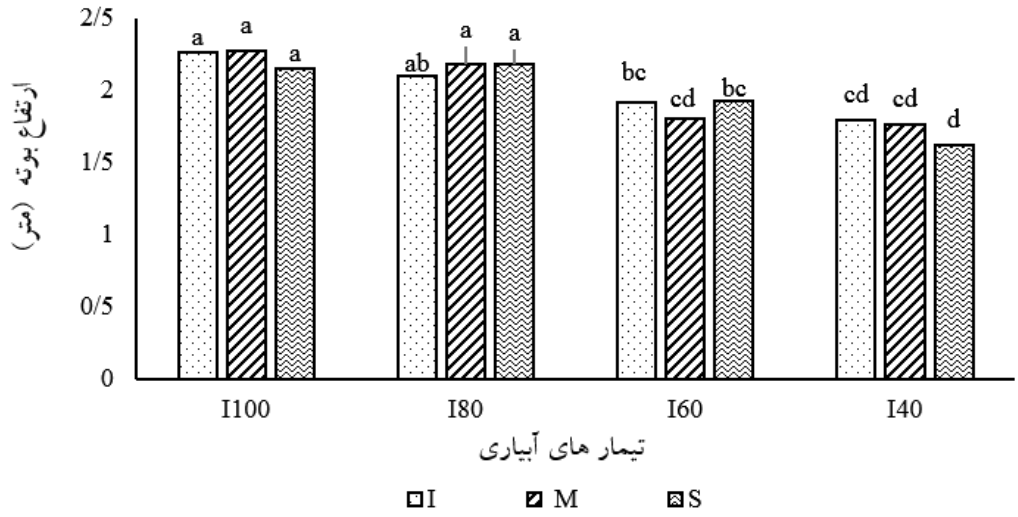


شکل ۴. نمودار مقایسه میانگین عملکرد خشک ذرت علوفه‌ای

کاربرد مالچ بر ماده خشک نهایی ذرت تأثیرمعنی‌دار مثبتی دارد (۲۵). محققین دیگری مطالعه‌ای در مورد تأثیر مالچ آلی روی گیاه استویا و حاصلخیزی خاک در غرب هیمالیا انجام داده و مشاهده کردند که مالچ آلی (برگهای درخت (صنوبر) به‌طور معنی‌داری زیست توده خشک ساقه و برگ درخت استویا را تحت تأثیر قرار داده و برگ‌های درخت صنوبر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین زیست توده خشک ساقه و برگ را ایجاد کرد. زیست توده خشک برگ گیاه استویا در تیمار مالچ صنوبر در مقایسه با تیمار شاهد ۱۱۸ درصد بیشتر بود (۲۱). پژوهشگران دیگری نیز پس از استفاده از مالچ پومیس برای ذرت علوفه‌ای به این نتیجه رسیدند که وزن خشک زیست‌توده در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نسبت به آبیاری ۵۰ و ۷۰ درصد ۳۲/۹ و ۶/۹ درصد افزایش ایجاد کرده است (۲۶). محققین ایرانی در آزمایشی دیگر نیز نشان دادند زیست توده ذرت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مالچ قرار گرفت، به‌طوری که زیست توده تولید شده با کاربرد مالچ های پلاستیک سیاه و سفید و کلش در یک گروه آماری قرار گرفتند و عملکرد زیست توده ذرت را افزایش دادند (۱۴). طی پژوهشی مشخص شد که میکوریز و سوپرجاذب رطوبتی در شرایط آبیاری نرمال، اثر مثبت و معنی‌داری بر صفات رشد، عملکرد زیستی و دانه نداشتند، اما در شرایط تنش رطوبتی، استفاده از آن‌ها بر صفات رشد و عملکرد دانه اثر مثبت داشت و با افزایش میزان تنش، میزان افزایش عملکرد نیز بیشتر می‌شد که مطابق با نتایج حاصل شده از تحقیق حاضر است (۲۸).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسهٔ میانگین مربوط به ارتفاع بوته (شکل ۵) نشان داد، به‌صورت کلی با افزایش تنش آبی، میزان ارتفاع گیاه نیز کاهش پیدا کرد. هرچند بیشترین مقدار ارتفاع در تیمار I100-M (۲/۲۷ متر) حاصل شد، اما تفاوت معنی‌داری با میزان ارتفاع در تیمار سوپرجاذب و شاهد در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد وجود نداشت. همچنین در سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیازآبی درهیچ‌کدام از مواد اصلاحی و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری دیده نشد. در سطح ابیاری ۶۰ درصد نیاز آبی، نیز تفاوت معنی‌داری بین میزان ارتفاع در سطوح مختلف مواد اصلاحی با یک دیگر مشاهده نشد هرچند که در این سطح آبیاری، میزان ارتفاع در تیمار مالچ یعنی تیمار I60- M (۱/۷۹ متر) کمتر از سایر تیمارها بود. درتیمارهای سطح آبیاری ۴۰ درصد نیاز آبی، نیز همین روند برقرار بود، و اختلاف معنی‌داری بین هیچ کدام از تیمارهای آبی و مواد اصلاحی وجود نداشت. طی تحقیقی پژوهشگران نشان که تأثیر توام سطوح مختلف کم‌آبیاری، روش آبیاری و کاربرد پلیمر سوپرجاذب و همچنین اثرات برهم‌کنش آن‌ها بر ارتفاع بوته ذرت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد (۲۰). محققین دیگری بررسی کردند که هرچه مقدار تنش خشکی بیشتر شود ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد که این موضوع با نتایج گزارش شده در این پژوهش مطابقت دارد (۱۹).

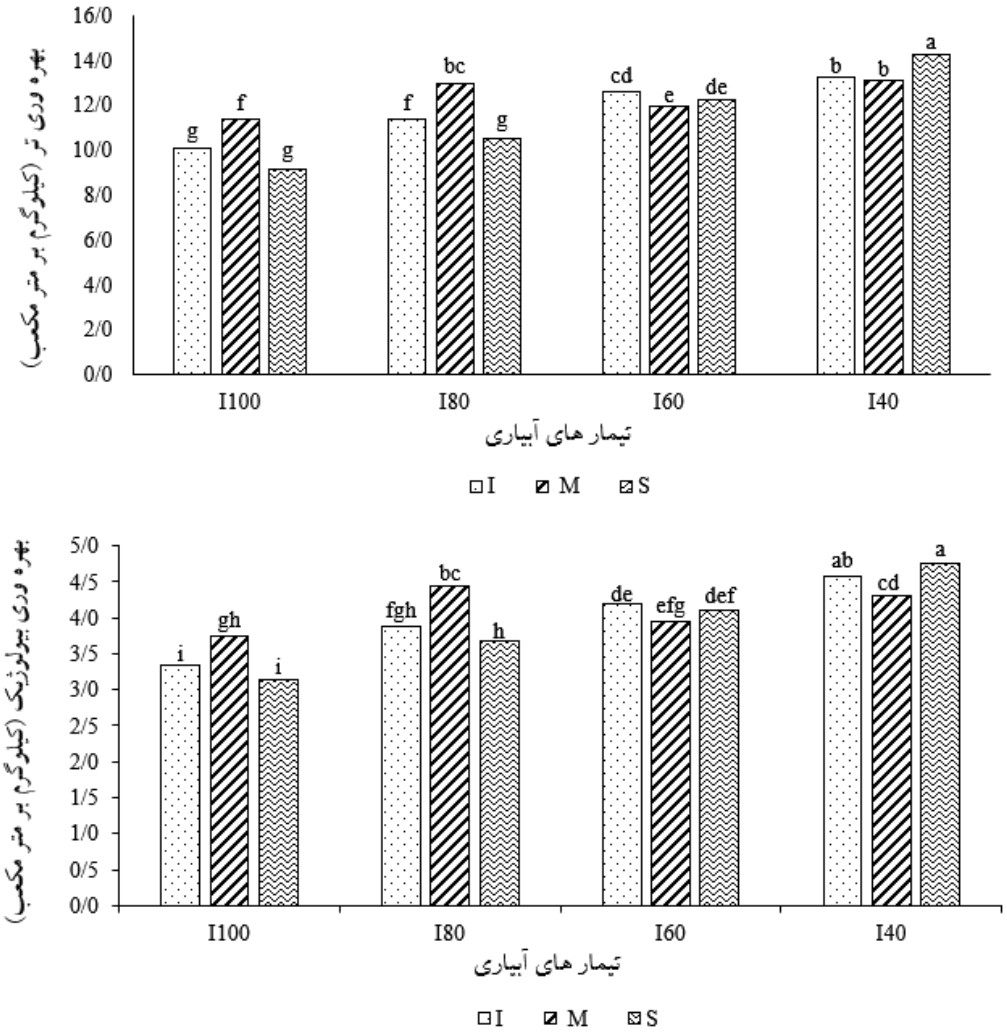


شکل ۵. نمودار مقایسه میانگین ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای

بهره‌وری بیولوژیک و ماده تر

همان‌طور که شکل ۶ نشان می‌دهد، به‌طور کلی با افزایش سطح تنش آبی، میزان بهره‌وری ماده تر و بیولوژیک افزایش یافته است. با توجه به نمودار بهره‌وری عملکرد ماده تر، در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیازآبی، استفاده از مالچ باعث افزایش معنی‌دار میزان بهره وری نسبت به تیمار حاوی سوپرجاذب و تیمار شاهد شد. به عبارت دیگر، در این سطح آبیاری، بیشترین میزان بهره‌وری تر مربوط به I100- M با مقدار ۱۱/۳۷ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب و کمترین میزان بهره‌وری مربوط به I100- S با مقدار ۹/۱۵ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب حاصل شد که این مقدار کمترین میزان بهره‌وری عملکرد تر در بین کل تیمارهای آزمایشی نیز بود. در سطح آبیاری ۸۰ درصد نیازآبی نیز، بیشترین میزان بهره وری به تیمار حاوی مالچ (۱۳ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب) اختصاص یافت. در سطوح آبی ۶۰ و ۴۰ درصد نیازآبی، کمترین میزان بهره‌وری ماده تر به تیمارهای حاوی مالچ تعلق گرفت. در این سطوح آبیاری، بیشترین میزان بهره‌وری آب در عملکرد تر مربوط به I40- S به‌دست آمد که مقدار آن ۱۴/۲۴ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب حاصل شد. مقدار بهره‌وری آب در عملکرد تر در این تیمار اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و سبب افزایش ۲۵/۲۴ درصد با تیمار I100- M، ۵۵/۶۲ درصد با تیمار I100-S و ۴۲/۲۵ با تیمار شاهد شد.

نتایج مربوط به بهره‌وری بیولوژیک تا حدودی شبیه به بهره‌وری تر بود. به این صورت که بیشترین بهره‌وری مربوط به I40- S با مقدار ۴/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین آن مختص به I100- S با مقدار ۳/۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد. در سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، بیشترین میزان بهره‌وری در تیمار حاوی مالچ و کمترین میزان بهره‌وری در تیمار حاوی سوپرجاذب مشاهده شد. در سطوح ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی، نتایج متفاوتی به‌دست آمد به‌گونه‌ای که بیشترین میزان بهره‌وری در تیمار حاوی سوپرجاذب و کمترین میزان بهره‌وری در تیمار حاوی مالچ حاصل شد. بررسی نتایج پژوهشی نیز افزایش کارایی مصرف آب(عملکرد بیولوژیک) ذرت در تیمارهای آبیاری با ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی را نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب از تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد و کمترین مقدار این صفت از آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (۳۱). برخی دیگر از محققین نیز بهترین میزان کارایی مصرف آب برای ذرت تحت آبیاری قطره‌ای تحت پوشش مالچ پلاستیک را مختص به تیمار ۸۰ ٪ نیاز آبی دانستند (۲۹). پژوهش دیگری نشان داد که جهت تولید حداکثر محصول و بهترین بهره‌وری آب، استفاده از تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی با روش آبیاری قطره‌ای نواری به همراه مالچ پلاستیک مناسب است (۱۲).



شکل ۶: نمودار مقایسه میانگین بهره‌وری بیولوژیک و تر ذرت علوفه‌ای

نتیجه گیری

با بررسی اثر کم‌آبیاری، سوپرجاذب و مالچ بر عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت آبیاری قطره‌ای نواری در منطقه خرم‌آباد، نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف آبیاری و مالچ، میزان عملکرد (تر و خشک) ارتفاع بوته و بهره‌وری آب ذرت را تحت تأثیر قرار داد. در این بررسی‌ها نتایج نشان داد که استفاده از مالچ در زمانی که آبیاری کامل و یا به‌صورت ۸۰ درصد نیازآبی صورت می‌گیرد باعث تأثیر بر عملکرد تر، خشک، ارتفاع بوته و بهره‌وری آب می‌شود که به‌ترتیب سبب افزایش ۱۸/۴۸، ۱۴/۳۶، ۳/۸۲ و ۱۴/۱۷ آن‌ها می‌شود. در حالی که در سطوح آبیاری کمتر (تنش آبی بالاتر) میزان مالچ کاربردی، تفاوت معنی‌داری بین نتایج تیمارها ایجاد نکرد. مصرف سوپرجاذب در زمانی‌که آبیاری کامل صورت گرفت عملکرد و بهره‌وری را کاهش داد اما در شرایط تنش‌آبی بالاتر باعث افزایش مقادیر عملکرد تر، عملکرد خشک و بهره‌وری آب شد و مقادیر آن را به‌ترتیب ۷/۶۵، ۳/۳۶ و ۷/۶۳ درصد افزایش داشت . با بررسی مواد اصلاحی متنوع و اعمال مدیریت‌های آبیاری مختلف برای کشت‌های استراتژیک می‌توان در جهت استفاده بهینه از منابع آب و کشاورزی پایدار گام برداشت.

منابع مورد استفاده

1. Aghayari, F., F.Khalili and M.R. Ardakani 2015. The effect of dificit irrigation, localized irrigation and superabsorbent polymer on yield and yield components of hybrid single cross 703 corn. *Journal of Water and Soil Resources Protection* 6(1): 1-14. (In Farsi).
2. Ai, F., Yin, X., Hu, R., Ma, H and Liu, W. 2021. Research into the super-absorbent polymers on agricultural water. Agricultural Water Management, 245, 106513.
3. Alizadeh, A., 2004. Plant, Soil and Water Relationship. Firdausi University, Mashhad, 348p.
4. Amini najafabadi, M., R. Fatahi, B. Ghorbani and H. Salemi 2021. The effect of types of strip drip irrigation (type) and irrigation levels on the yield and yield components of fodder corn. *Iranian Water Research Journal* (4)14: 179-187. (In Persian).
5. Bayat, Z., A. Sadeghipoor, M.R. Yazdani and A.A. Zolfaghazri 2020. Fodder production and morphological characteristics of corn at different levels of water salinity and types of mulch. *Marta Scientific Journal* 2: 248-271. (In Persian).
6. Biglouei, M., A. Kafi Ghasemi, M. Javaherdashti and M. Isfahani 2013. Effect of irrigation regimes on yield and quality of forage maize (KSC 704) in Rasht region in Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences* 15(3): 196-206. http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1392.15.3.1.3. (In Persian).
7. Bronson, K. F., A. B. Onken, J. W. Keeling, J. D. Booker and H. A. Torbert. 2001. Nitrogen response in cotton as affected by tillage system and irrigation level. *Soil Sci. Soc. Am. J* 65: 1153–1163.
8. Chouhan, S.S., Awasthi, M.K and Nema, R. K. 2015. Studies on water productivity and yields responses of wheat based on drip irrigation systems in clay loam soil. Indian Journal of Science and Technology, 8(7), 650.
9. Duranti, A and L. Cuocolo 1989. Chemical weed control and mulching in onion (Allium cepa L.) and garlic (Allium sativum L.). *Advances in Horticultural Science* 37(1): 338-342.
10. Emani, M and Nikbakht, J. 2015. The effect of increasing the frequency of irrigation on the yield and efficiency of water consumption in corn plants. 13th National Seminar on Irrigation and Evapotranspiration papers
11. Eskandari, H and K. Kazemi 2019. Evaluation of irrigation levels and soil fertility management on seed and oil yield of sesame (Sesamum indicum L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences* 12(1): 111-122. https://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1254.1256 (In Persian).
12. Fereydouni, M.G and H. Faraji 2017. The effect of different levels of irrigation on yield and performance of sweet corn (Zea mays var. Saccharta) using seedling cultivation under plastic. *Grain research at Gilan University* 7(1): 115-127. (In Persian).
13. Ghaemi, A.A., Mahdi Hosseinabadi, Z and Sepaskhah, A. 2008. Water use efficiency and yield of sugar beet under conventional and alternate tape and furrow irrigation. Journal of water and soil (agricaultural scinces and technology), 22(2), 85-94.
14. Hamzei, J., H. Abbasi and Z. Vaziri Amjad 2017. Effect of different mulches on yield, yield components of grain maize and weeds dry weight. *J. Crop. Improv* 19: 1. 105-117. (In Persian)
15. Han, Y.G., P.L. Yang, Y.P. Luo, S.M. Ren, L.X. Zhang and L. Xu 2010. Porosity change model for watered super Absorbent polymer-treated soil. *Environ. Earth Sci* 61:1197–1205.
16. Jahan, M and Mahallati, N. 2019. Meta-analysis of the effect of super-absorbent application on crops yield in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research, 17(2), 207-220.
17. Jahan, M., N. Kamayestani and F. Ranjbar 2013. Assay for applying super absorbent polymer in a low inputcorn (*Zea mays* L.) production system aimed to reduce drought stress under Mashhad conditions. *Agroecology* 5(3): 272-281. (In Persian with English abstract)
18. Karimi, M and Gomrokchi, A. 2011. Yield and water use efficiency of corn planted in one or two rows and applying furrow or drip tape irrigation systems in Ghazvin Province, Iran. Irrigation and drainage, 60(1), 35-41.
19. Karimi, M., M. Esfahani Bigloui, B. Rabiei and A. Kafi Ghasemi 2009. Effect of deficit irrigation treatments on morphological traits and growth indices of corn forage in the Rasht Climate. *Electronic journal of crop production* 2(2): 91-109. (In Persian).
20. Khalili, F., F.A. ghayari and M.R. Ardakani 2021. Simultaneous Impact of Deficit Irrigation Methods and Superabsorbent Polymer on Morphological, Physiological and Yield Characteristics of Corn. *Journal of water and soil sience* 13(3): 15-29. (In Persian).
21. Kumar, R., S. Sood, S. Sharma, R.C. Kasana, V.L. Pathania, B. Singh., and R.D. Singh 2014. Effect of plant spacing and organic mulch on growth, yield and quality of natural sweetener plant Stevia and soil fertility in western Himalayas. *InternationalJournal of Plant Production* 8 (3): 311- 333.
22. Mahajan, G., R. Sharda, A. Kumar and K. Singh 2007. Effect of plastic mulch on economizing irrigation water and weed control in baby corn sown by different methods. *African Journal of Agricultural Research* 2(1): 19-26. Manage 54(1): 1–15.

23. Minhua, Y., M. Yanlin, K. Yanxia J. Qiong, Q. Guangping, W. Jinghai, Y. Changkun and Y. Jianxiong 2022. Optimized farmland mulching improves alfalfa yield and water use efficiency based on meta-analysis and regression analysis. *Agricultural Water Management 267*: p.107617.
24. Mokhtaran, A., Varjavand, P., Dehghanisanij, H., Absalan, S., Azizi, A and Jafarnejadi, A. 2021. Comparison of drip irrigation with surface irrigation and monitoring soil salinity in wheat and corn irrigated with brackish water. Journal of water research in Agriculture, 35(3), 217-234.
25. Moradi taleb beigi, R., Y. Emam, M.A. Ehsanjo and H. Peyvasteh Anosheh 2008. Evaluating the effects of wheat residues and day and night tillage on weed suppression and grain corn yield response. *Scientific paper of the 3rd Iran Weed Science Conference*. (In Persian).
26. Nasiri, M., D. Zarehaghi and M.R Neyshabouri 2019. The Effect of Different Levels of Pumice Mulch and Deficit Irrigation on the Some Physiological Traits and Seed Yield of Corn (Zea mays L.). *Journal of Crop Ecophysiology* 13(2): 217-230. (In Persian).
27. Palash, M., A. Bafkar, B. Farhadie bansoule and M. Ghobadi 2022. Investigating the effects of deficit irrigation on the quantitative, qualitative and water productivity characteristics of Single Cross 706 seed corn in Kermanshah. *Advanced technologies in water efficiency* (1)2: 16-37. (In Persian).
28. Parvizi, K., A. Farnia and M.K. Qadri 2022. Effect of mycorrhiza and superabsorbent application on corn growth traits and yield components under water stress condition. *Iranian Plant Sciences* 53(2): 69-79. (In Persian).
29. Piroozfar, V.R., S. Boroumand nasab and F. Salehi 2021. The effect of drip irrigation with and without cover on the yield and water use efficiency of maize (Zea mays L.) under the climatic conditions of Ahvaz. *Water and Soil Science Journal* (4)30: 29-41. (In Persian).
30. Saberi, A.R and A.R. Kiani 2021. Studying the physiological reactions and performance of 704, 705 and 706 corn hybrids under the influence of irrigation amounts using the strip method under pressure. *Journal of crop production* 15(3): 61-78. (In Persian).
31. Sajedi, N.A and A. Sajedi 2009. Effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rates on agro-physiologic characteristics of maize cv. KSC704. *Iranian Journal of Crop Sciences* 43(11):202-222. (In Persian with English abstract).
32. Shahsawari Goghari, M., A. Rezaei Ishtaroiyeh, M. Irandoost and A. Neshat 2018. Evaluating the Effect of Different Levels of Deficit Irrigation and Partial Root-Zone Drying on the Yield and Water Productivity of Maize in Hajiabad. J. *Water and Soil Sci. (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour* 22(1): 61-70. (In Persian).
33. Tohidi-Moghadam, H. R., Shirani-Rad, A. H., Nour-Mohammadi, G., Habibi, D., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mashhadi-Akbar-Boojar, M and Dolatabadian, A. 2009. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. Pesquisa Agropecuária Tropical, 39(3), 243-250.
34. Xuan, C., R. Ding, J. Shao and Y. Liu 2021. Evapotranspiration and quantitative partitioning of spring maize with drip irrigation under mulch in an arid region of northwestern China. *Water 13*(22): 3169.
35. Zohoorian mehr, M. (2005). Super absorbent. Publications of the Iranian Polymer Association. Page 83. (In Persian).