

بررسی اثرات کاربرد هیدروژل و ورمی کمپوست بر کارایی مصرف آب گندم

سجاد عظیمی، مجتبی خوش روش^{۱*}، عبدالله درزی نفت چالی و میثم عابدین پور

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

azimiengineer90@yahoo.com

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

khoshravesh_m24@yahoo.com

عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

abdullahdarzi@yahoo.com

استادیار گروه مهندسی آب مرکز آموزش عالی کاشمر.

abedinpour_meysam@yahoo.com

چکیده

دشت کاشمر در نواحی خشک کشور قرار دارد و وقوع خشکسالی‌های متوالی اخیر نیز باعث شده که مدیریت مصرف آب مورد توجه جدی قرار گیرد. در این پژوهش، تاثیر چهار مقدار پلیمر سوپرجاذب A200 (صفر (S₀), ۱/۰٪ (S₁), ۲/۰٪ (S₂) و ۳/۰٪ (S₃) درصد وزنی)، چهار مقدار ورمی کمپوست (صفر (V₀), ۷ (V₁), ۱۰ (V₂) و ۱۵ (V₃) تن در هکتار) و سه میزان آبیاری (۶۰٪ (W₁), ۸۰٪ (W₂) و ۱۰۰٪ (W₃) درصد نیاز آبی) بر کارایی مصرف آب (آب آبیاری و بارندگی) و کارایی مصرف آب آبیاری گندم رقم الوند در مزرعه پژوهشی مرکز آموزش عالی کاشمر مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و به صورت گلدانی در تعداد ۱۴۴ عدد گلدان انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری در تیمار S₃V₃W₃ به ترتیب به میزان ۱/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار و ۲/۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار و کمترین میزان کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری نیز در تیمار S₀V₀W₁ به ترتیب به میزان ۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار و ۱/۵۶ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار به دست آمد. کاربرد سوپرجاذب و ورمی کمپوست سبب افزایش کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری گندم شد. در شرایط این آزمایش، با توجه به تجزیه واریانس، کاربرد ترکیب سوپرجاذب و ورمی کمپوست معنی دار نیست؛ بنابراین، کاربرد ترکیب مقادیر سوپرجاذب و ورمی کمپوست توصیه نمی‌شود. همچنین، در کاربرد سوپرجاذب و ورمی کمپوست به صورت جداگانه، با توجه به مقایسه میانگین‌ها در سطح پنج درصد معنی داری، بهترین مقدار برای حصول حداکثر کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری، ۲/۰ درصد وزنی سوپرجاذب یا ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست است. با استفاده از حداکثر سوپرجاذب و ورمی کمپوست (S₃V₃) با افزایش نیاز آبی از ۶۰٪ به ۸۰٪ و از ۸۰ به ۱۰۰، مقدار کارایی مصرف آب آبیاری به ترتیب ۶/۵٪ و ۱۹/۷٪ افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، گندم رقم الوند، کاشمر، سوپرجاذب رطوبت

۱- آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

*- دریافت: شهریور ۱۳۹۶ و پذیرش: آذر ۱۳۹۶

مقدمه

ایران به دلیل نقصان ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان بوده و همواره با مشکل کمبود آب روبرو است (سید دراجی و همکاران، ۱۳۸۹). اکثر گیاهان در برخورد با تنش خشکی در مراحل حساس رشد عملکردشان کاهش می‌یابد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۲). اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری فنون پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک از جمله اقدامات موثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب است. روش‌های مختلفی برای کاهش محدودیت‌های یاد شده پیشنهاد شده که استفاده از مواد اصلاح‌کننده طبیعی و مصنوعی از جمله آن‌ها است. مطابق مطالعه بهبهانی و همکاران (۱۳۸۸)، افزودن موادی مانند بقایای گیاهی، مواد پلیمری سوپرجاذب، کود دامی و ورمی‌کمپوست می‌تواند علاوه بر اینکه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشد، امکان بهره‌وری بیش‌تر در مصرف آب را فراهم آورد و بستر خاک را به یک بستر خوب تبدیل کند.

کریمی و نادری (۲۰۰۷) گزارش نمودند که ماده آلی به‌عنوان بهترین اصلاح‌کننده در افزایش ظرفیت نگهداشت در بیش‌تر خاک‌ها می‌تواند به کار رود. یکی از مشکلات در کشاورزی، پایین بودن کارایی مصرف آب و کود است. بیش‌تر کودهای شیمیایی مصرفی از خارج وارد می‌شود که این مسئله باعث بالا رفتن هزینه تولید محصول و آلودگی محیط زیست مخصوصاً آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. از مهمترین راهکارهای افزایش راندمان کاربرد آب و کود حل کردن کودها در آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی یا سطحی، رساندن مواد غذایی به گیاه بوسیله آبیاری قطره‌ای، کاربرد هیدروژل‌های غنی شده با مواد غذایی مورد نیاز گیاه و انواع روش‌های کشت بدون خاک است (عابدی کویایی و مسفروش، ۱۳۸۸). یکی از روش‌های افزایش

دور آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب به همراه کاهش هزینه‌های آبیاری افزودن سوپرجاذب‌ها به خاک است (کبیری و ظهوریان مهر، ۱۳۸۵). اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی به گیاه و افزایش نگهداری آب در خاک از خصوصیات بارز این مواد است. این مواد با جذب سریع آب و حفظ آن، تلفات آبیاری مانند نفوذ عمقی و رواناب را کاهش داده، در ادامه بازده ناشی از بارندگی‌های پراکنده را بالا برده و در صورت آبیاری، فواصل بین آبیاری‌ها را افزایش می‌دهد. همچنین، با قرارگیری پلیمر در خاک و جذب آب به‌وسیله آن پیوستگی عمودی لوله‌های مویینه شکسته شده و تبخیر از سطح خاک کم می‌شود (هلیا و همکاران، ۱۹۹۲).

ایسلام و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند، زمانی که سوپرجاذب‌ها با خاک مخلوط می‌شوند، موجب حفظ مقدار زیادی رطوبت و مواد غذایی در خاک شده که با این شرایط گیاه کمتر با کمبود آب و مواد غذایی روبرو خواهد شد. سوپرجاذب‌ها علاوه بر کاهش تلفات آب، خصوصیات فیزیکی خاک مانند تخلخل، چگالی ظاهری، ساختمان و سرعت نفوذ آب در خاک را بهبود می‌بخشند. بهبود شرایط به خصوصیات فیزیکی خاک، شرایط آب و هوا، میزان پلیمر افزوده شده به خاک نوع و اندازه ذرات پلیمر و میزان شوری خاک بستگی دارد. یکی دیگر از فواید مهم سوپرجاذب این است که آب ذخیره شده در هیدروژل به‌طور مؤثر در گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این صورت که شیب پتانسیل بین ژل و ریشه گیاه موجب می‌شود تا ژل، آب را آزاد کند، در نتیجه آب به سمت ریشه حرکت کرده و به راحتی در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد؛ بنابراین استفاده از این پلیمرها یکی از مناسب‌ترین راهکارها برای فراهم آوردن رطوبت خاک در منطقه ریشه گیاه است (باقری و افراسیاب، ۱۳۹۴).

دانه با هیدروژل متاثر است. عملکرد نیز به طور معنی‌داری با کاربرد هیدروژل متاثر بود. بالاترین عملکرد دانه نیز با کاربرد ۲۰ گرم هیدروژل مشاهده شد. لیان یان و یان (۲۰۱۳) به بررسی اثرات سوپرجاذب رزین روی کارایی مصرف آب و عملکرد گندم در مناطق خشک پرداختند. نتایج نشان داد که کاربرد سوپر جاذب در مناطق خشک باعث افزایش رطوبت نسبی خاک در طول دوره رشد شده و کارایی مصرف آب گندم را افزایش می‌دهد.

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته، بیشتر محققین به اثربخشی مواد طبیعی و مصنوعی جاذب رطوبت بر خصوصیات فیزیکی خاک و نیز پارامترهای عملکرد و کارایی مصرف آب دست یافته‌اند، بنابراین ضرورت استفاده از این مواد بیش از پیش باید مورد نظر مسئولان قرار گیرد.

علی‌رغم واقع شدن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان و کمبود منابع آبی و نیز وقوع خشکسالی‌های پیاپی در مناطق مختلف کشور از جمله شهرستان کاشمر، استفاده از مواد جاذب رطوبت مانند هیدروژل و ورمی‌کمپوست مورد توجه عامه کشاورزان قرار نگرفته است. شهرستان کاشمر دارای اقلیم خشک بیابانی معتدل و با متوسط بارندگی سالیانه ۱۸۵/۸ میلی‌متر است. همچنین، به دلیل افت سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه و تحقیقات کمی که در مورد تاثیر ترکیبی اصلاح‌کننده‌های طبیعی و مصنوعی صورت گرفته، در این پژوهش به بررسی اثرات ترکیبی هیدروژل و ورمی‌کمپوست و تنش آبی بر کارایی مصرف آب گندم پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت گلدانی در مزرعه پژوهشی مرکز آموزش عالی شهرستان کاشمر (۲۴۰ کیلومتری جنوب غربی مشهد مقدس) در فضای باز و آزاد به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی همراه با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول نیز شامل ۱۶ سطح

یکی دیگر از مواد اصلاح کننده که اخیراً زیاد مورد توجه کشاورزان و پژوهشگران قرار گرفته، ورمی‌کمپوست است. ورمی‌کمپوست یکی از بهترین کودهای آلی حال حاضر است که به خوبی تغییر ساختار یافته و فرایند هموسی شدن در مرحله رسیدگی آن به سرعت اتفاق می‌افتد (درزی و همکاران، ۱۳۸۷). این کود به دلیل سرعت فرایند هموسی شدنش در خاک انتخاب می‌شود زیرا هموس با چسباندن ذرات خاک به هم موجب به وجود آمدن خاک‌دانه در محیط خاک می‌شود که کمک شایانی در بهبود ساختمان خاک می‌کند (مهدوی دامغانی و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین، ورمی‌کمپوست حاوی مواد مغذی با فرم‌هایی است که به راحتی به‌وسیله ریشه جذب شده و در دسترس گیاه قرار می‌گیرند (روی و همکاران، ۲۰۱۰).

حسام و همکاران (۱۳۹۳) به منظور ارزیابی تاثیر پلیمر سوپرجاذب بر روی عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه فرنگی، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با دو تیمار رژیم آبیاری در سه سطح شامل ۱۰۰، ۷۵ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار غلظت سوپرجاذب در پنج سطح صفر، چهار، شش، هشت و ۱۰ گرم در هر کیلوگرم خاک گلدان در چهار تکرار در شرایط گلخانه انجام دادند. نتایج نشان داد که کاربرد شش گرم هیدروژل سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک گلدان و سطح ۱۲۵ درصد آبیاری، اثر معنی‌داری روی عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه فرنگی نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی و صفر گرم سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک گلدان) دارد؛ بنابراین شرایط نام برده برای داشتن بیش‌ترین عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه فرنگی توصیه می‌شود.

سینگ (۲۰۱۲) به بررسی اثرات هیدروژل روی رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب ارزن پرداخت. آزمایش شامل شش تیمار بوده و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا شد. این مطالعه نشان داد که جوانه‌زنی موثر، طول سنبله و وزن دانه به طور معنی‌داری به تیمار

بدین منظور از رطوبت سنج مدل PMS-714 استفاده شد. این رطوبت‌سنج در تیمارهای شاهد (بدون سوپرجاذب و ورمی کمپوست، نیاز آبی ۱۰۰ درصد) قرار می‌گرفت. در طول دوره رشد مراقبت‌های مورد نیاز مانند مبارزه با آفات به وسیله سم‌پاشی انجام شد. پس از رسیدن و خشک شدن کامل بوته‌های گندم، در تاریخ ۹۶/۰۳/۰۱ عملیات برداشت محصول انجام شد. میزان بارندگی در طول دوره رشد از ایستگاه هواشناسی شهرستان کاشمر تهیه شد. برای هر تیمار میزان کل آب مصرف شده (مجموع آب آبیاری و بارندگی) برای اندازه‌گیری کارایی مصرف آب (WUE) محاسبه شده و این شاخص با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد. همچنین، برای اندازه‌گیری میزان کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) نیز از رابطه (۳) استفاده و در نهایت رسم نمودارها ترسیم و تجزیه تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS انجام شد.

$$WUE = \frac{Y}{W} \quad (2)$$

که در آن:

WUE: کارایی مصرف آب Y: عملکرد دانه (کیلوگرم) W: آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)

$$IWUE = \frac{Y}{\sum_{i=1}^n I_i} \quad (3)$$

که در آن:

IWUE: کارایی مصرف آب آبیاری Y: عملکرد دانه (کیلوگرم) I_i: عمق آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)

مختلف کاربرد جاذب‌های رطوبتی (فقط هیدروژل به مقدار ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی، فقط ورمی کمپوست به مقدار ۷، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، ترکیب تمامی مقادیر هیدروژل با تمامی مقادیر ورمی کمپوست) و فاکتور دوم شامل سه رژیم آبیاری (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) است. آزمایش در تعداد ۱۴۴ گلدان پلاستیکی سیاه رنگ به ابعاد (ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر، قطر بالایی ۳۰ سانتی‌متر، قطر پایینی ۲۵ سانتی‌متر) انجام شد. برای نمایش مقادیر هیدروژل A200، ورمی کمپوست و میزان آبیاری به ترتیب از حروف S، V و W استفاده شد که به شرح جدول (۱) است. برای آماده‌سازی محیط کشت، ۲۴ کیلوگرم خاک با مقادیر سوپرجاذب و ورمی کمپوست مورد نظر مخلوط شده و به داخل گلدان‌ها ریخته شد. سوپرجاذب مورد استفاده از نوع A200 و محصول پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران و ورمی کمپوست نیز محصول تولیدی ایستگاه کاشمر بود. پس از آماده‌سازی گلدان‌ها، بذور گندم رقم الوند در خاک گلدان‌ها کشت شد. این آزمایش در آبان ماه ۱۳۹۵ آغاز شد و سه ماه بعد از کاشت، تیمارهای آبی تعریف شده بر روی آن‌ها اعمال شد. بهترین روش برای آبیاری، تامین آن بر اساس نیاز رطوبتی خاک و گیاه است. بدین منظور باید رطوبت خاک در هر زمان مشخص باشد تا در روز آبیاری بر اساس کمبود آب در آن لحظه (SMD)، مقدار آب آبیاری محاسبه شود (رابطه ۱).

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_i) \times D_{rz} \times f \quad (1)$$

که در آن:

SMD: کمبود رطوبت θ_{FC} : حد رطوبت ظرفیت زراعی خاک θ_i : مقدار رطوبت اصلاح شده در زمان آبیاری D_{rz} : عمق موثر ریشه f: ضریب مربوط به تیمار آبیاری

جدول ۱- تیمارهای پژوهش

S	مقادیر مختلف هیدروژل A200	V	مقادیر مختلف ورمی کمپوست	W	مقادیر مختلف نیاز آبی
S ₀	بدون هیدروژل A200	V ₀	بدون ورمی کمپوست	W ₁	۶۰ درصد نیاز آبی
S ₁	۱. درصد وزنی هیدروژل A200	V ₁	۷ تن در هکتار ورمی کمپوست	W ₂	۸۰ درصد نیاز آبی
S ₂	۲. درصد وزنی هیدروژل A200	V ₂	۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست	W ₃	۱۰۰ درصد نیاز آبی
S ₃	۳. درصد وزنی هیدروژل A200	V ₃	۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست		

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل آماری

جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نتایج نشان داد اثر میزان آبیاری، اثر مقدار سوپرچاذب و اثر مقدار ورمی کمپوست تاثیر معنی داری در سطح یک درصد بر کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری دارند که با نتایج فاضلی رستم پور و همکاران (۱۳۹۰) و الهیاری و همکاران (۱۳۹۲) همخوانی دارد. اثر متقابل سوپرچاذب و

ورمی کمپوست بر پارامترهای اندازه گیری شده معنی دار نیست. همچنین، اثر متقابل سوپرچاذب و نیاز آبی بر کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری معنی دار نیست. اثر متقابل ورمی کمپوست و نیاز آبی بر کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری نیز معنی دار نیست. اثر متقابل نیاز آبی، سوپرچاذب و ورمی کمپوست نیز بر پارامترهای اندازه گیری شده معنی دار نیست.

جدول ۲- میانگین مربعات اثر سطوح مختلف آبیاری، ورمی کمپوست و درصد وزنی سوپرچاذب بر کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE)	کارایی مصرف آب (WUE)	درجه آزادی (df)	منبع تغییرات (S.O.V)
۰/۰۰۴۴ **	۰/۰۰۱۶ **	۳	سطوح هیدروژل
۰/۰۰۲۸ **	۰/۰۰۱۱ **	۳	سطوح ورمی کمپوست
۰/۰۰۰۱۵ ns	۰/۰۰۰۰۶ ns	۹	هیدروژل، ورمی کمپوست
۰/۰۱۰۵ **	۰/۰۱ **	۲	سطوح نیاز آبی
۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۷ ns	۶	هیدروژل، نیاز آبی
۰/۰۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۶	ورمی کمپوست، نیاز آبی
۰/۰۰۰۰۸ ns	۰/۰۰۰۰۳ ns	۱۸	هیدروژل، ورمی کمپوست، نیاز آبی
۰/۰۱۰۲	۰/۰۰۳۷	۹۶	خطای آزمایشی

ns و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج درصد، معنی داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار

تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی (W1)

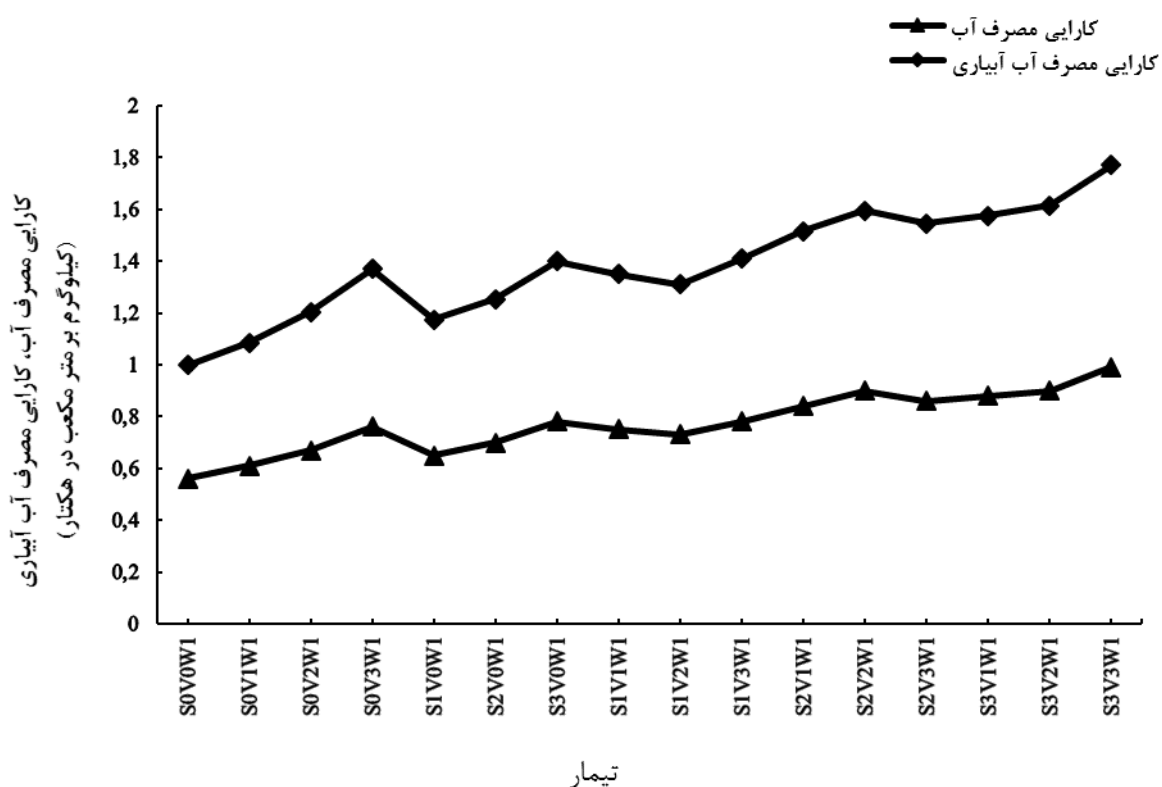
با توجه به شکل (۱) که نمودار مربوط به روند تغییرات کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری تحت اعمال تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی را نشان می دهد، در رابطه با پارامتر کارایی مصرف آب، حداکثر میزان این پارامتر در تیمار ترکیب حداکثر هیدروژل و حداکثر ورمی کمپوست به میزان ۰/۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار و حداقل آن در تیمار بدون استفاده از هیدروژل و ورمی کمپوست به میزان ۰/۵۶ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار مشاهده شد. حداکثر و حداقل میزان کارایی مصرف آب آبیاری نیز به ترتیب به میزان ۱/۷۷ و ۱ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار در تیمارهای ترکیب حداکثر هیدروژل و ورمی کمپوست و بدون استفاده از هیدروژل و ورمی کمپوست مشاهده شد.

طبق جدول (۳) بیشترین میانگین کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری مربوط به سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین میانگین میزان این پارامترها مربوط به سطح ۶۰ درصد نیاز آبی است و بین سطوح مختلف میزان آبیاری، اختلاف معنی دار است. با افزایش مقدار سوپرچاذب و همچنین افزایش مقدار ورمی کمپوست، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری افزایش یافت و این افزایش در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. کاربرد اثر جداگانه هیدروژل و ورمی کمپوست برای رسیدن به حداکثر کارایی مصرف آب از نظر اقتصادی قابل توصیه است ولی کاربرد توأم هیدروژل و ورمی کمپوست اقتصادی نمی باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری، ورمی کمپوست و سوپرچاذب بر کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) کیلوگرم بر مترمکعب درهکتار	کارایی مصرف آب (WUE) کیلوگرم بر مترمکعب درهکتار	سطح	فاکتور
۱/۳۸ ^c	۰/۷۷ ^c	۶۰	آبیاری
۱/۶ ^b	۰/۹۸ ^b	۸۰	
۱/۸ ^a	۱/۱۸ ^a	۱۰۰	
۱/۴۱ ^c	۰/۸۷ ^c	۰	سوپرچاذب
۱/۵۳ ^b	۰/۹۴ ^b	۰/۱	
۱/۷ ^a	۱/۰۴ ^a	۰/۲	
۱/۷۵ ^a	۱/۰۷ ^a	۰/۳	ورمی کمپوست
۱/۴۳ ^c	۰/۸۸ ^c	۰	
۱/۵۷ ^b	۰/۹۷ ^b	۷	
۱/۶۵ ^a	۱/۰۲ ^a	۱۰	
۱/۷۲ ^a	۱/۰۵ ^a	۱۵	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیست.

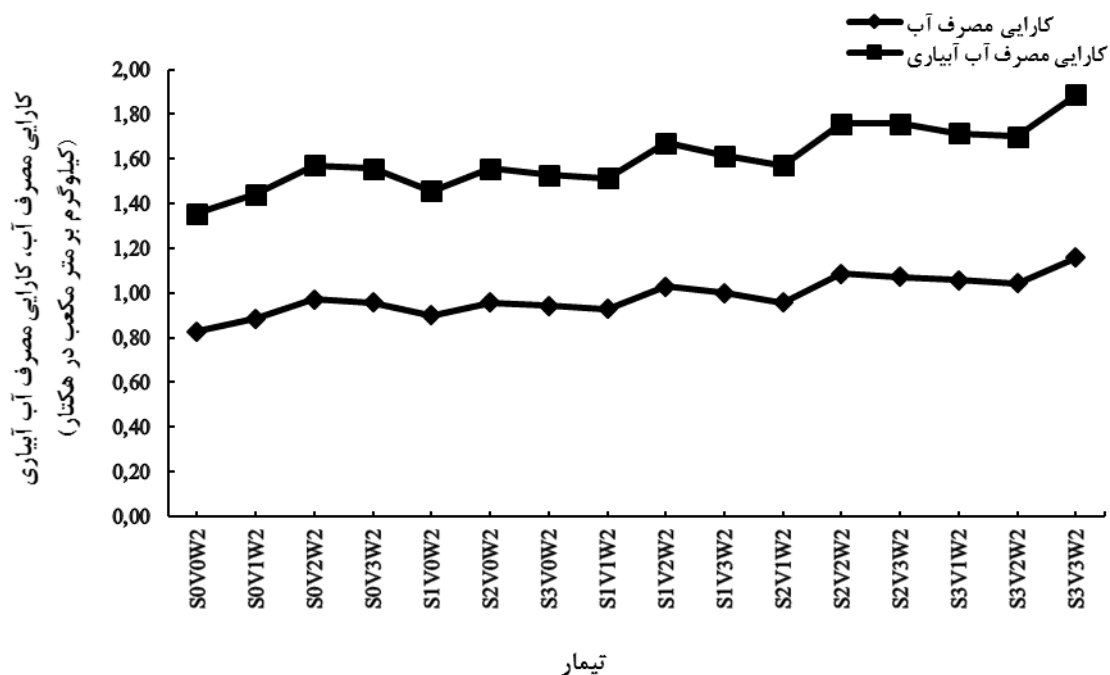


شکل ۱- روند تغییرات کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری تحت اعمال ۶۰ درصد نیاز آبی

تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی (W2)

آن در تیمار بدون استفاده از هیدروژل و ورمی کمپوست به میزان ۰/۸۳ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار مشاهده شد. حداکثر و حداقل میزان کارایی مصرف آب آبیاری نیز به ترتیب به میزان ۱/۸۹ و ۱/۳۶ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار در تیمارهای ترکیب حداکثر هیدروژل و ورمی کمپوست و بدون استفاده از هیدروژل و ورمی کمپوست مشاهده شد.

با توجه به شکل (۲) که نمودار مربوط به روند تغییرات کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی را نشان می‌دهد، در رابطه با پارامتر کارایی مصرف آب، حداکثر میزان این پارامتر در تیمار ترکیب حداکثر هیدروژل و حداکثر ورمی کمپوست به میزان ۱/۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار و حداقل

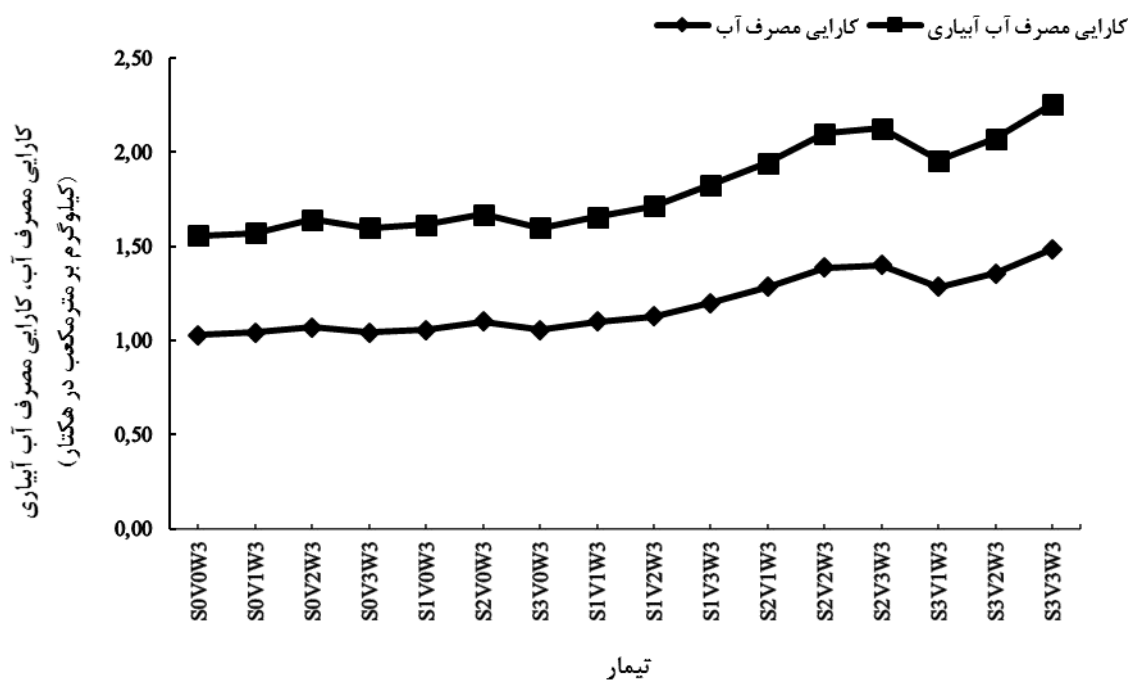


شکل ۲- روند تغییرات کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری تحت اعمال ۸۰ درصد نیاز آبی تیمار

تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (W3)

کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار و حداقل آن در تیمار بدون استفاده از هیدروژل و ورمی کمپوست به میزان ۱/۰۳ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار مشاهده شد. حداکثر و حداقل میزان کارایی مصرف آب آبیاری نیز به ترتیب به میزان ۲/۲۶ و ۱/۵۶ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار در تیمارهای ترکیب حداکثر هیدروژل و ورمی کمپوست و بدون استفاده از هیدروژل و ورمی کمپوست مشاهده شد.

با توجه به شکل (۳) که نمودار مربوط به روند تغییرات کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری تحت اعمال تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل) را نشان می‌دهد، در رابطه با پارامتر کارایی مصرف آب، حداکثر میزان این پارامتر در تیمار ترکیب حداکثر هیدروژل و حداکثر ورمی کمپوست به میزان ۱/۴۹

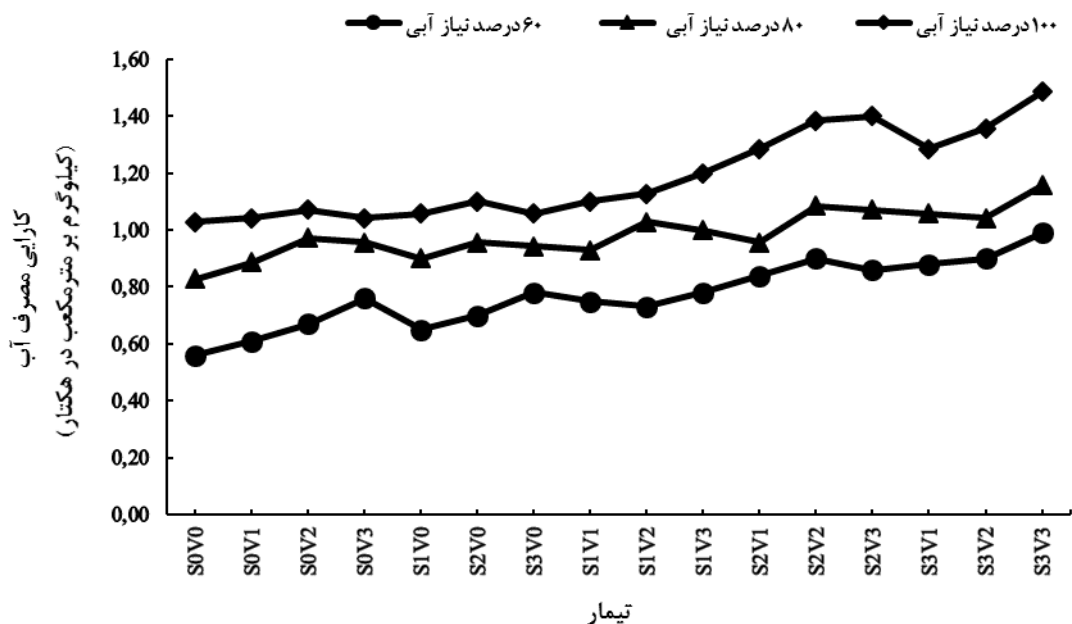


شکل ۳- روند تغییرات کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری تحت اعمال ۱۰۰ درصد نیاز آبی

از ۶۰ به ۸۰ و از ۸۰ به ۱۰۰، به ترتیب ۲۲/۶ و ۱۸/۵ درصد افزایش کارایی مصرف آب مشاهده شد. همچنین، در تیمار کاربرد ترکیبی میزان متوسط سوپر جاذب و ورمی کمپوست (S₂V₂) با افزایش ۲۰ درصدی نیاز آبی از ۶۰ به ۸۰ و از ۸۰ به ۱۰۰، به ترتیب ۲۲/۶ و ۲۷/۶ درصد افزایش کارایی مصرف آب اتفاق افتاد. با استفاده حداکثر سوپر جاذب و ورمی کمپوست (S₃V₃) نیز با افزایش نیاز آبی از ۶۰ به ۸۰ و از ۸۰ به ۱۰۰ به ترتیب ۱۷/۴ و ۲۸/۴ درصد افزایش کارایی مصرف آب روی داد.

بررسی کارایی مصرف آب تحت سه رژیم آبیاری (W1، W2، W3)

با توجه به شکل (۴) که روند تغییرات کارایی مصرف آب تحت سه رژیم آبیاری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان می‌دهد، می‌توان مشاهده کرد که در تیمار بدون استفاده از مواد جاذب رطوبت (S₀V₀) با افزایش ۲۰ درصدی نیاز آبی از ۶۰ به ۸۰ و از ۸۰ به ۱۰۰، به ترتیب ۴۸/۷ و ۲۴ درصد افزایش کارایی مصرف آب روی داده است. در تیمار ترکیب حداقل سوپر جاذب و ورمی کمپوست (S₁V₁) نیز با افزایش ۲۰ درصدی نیاز آبی

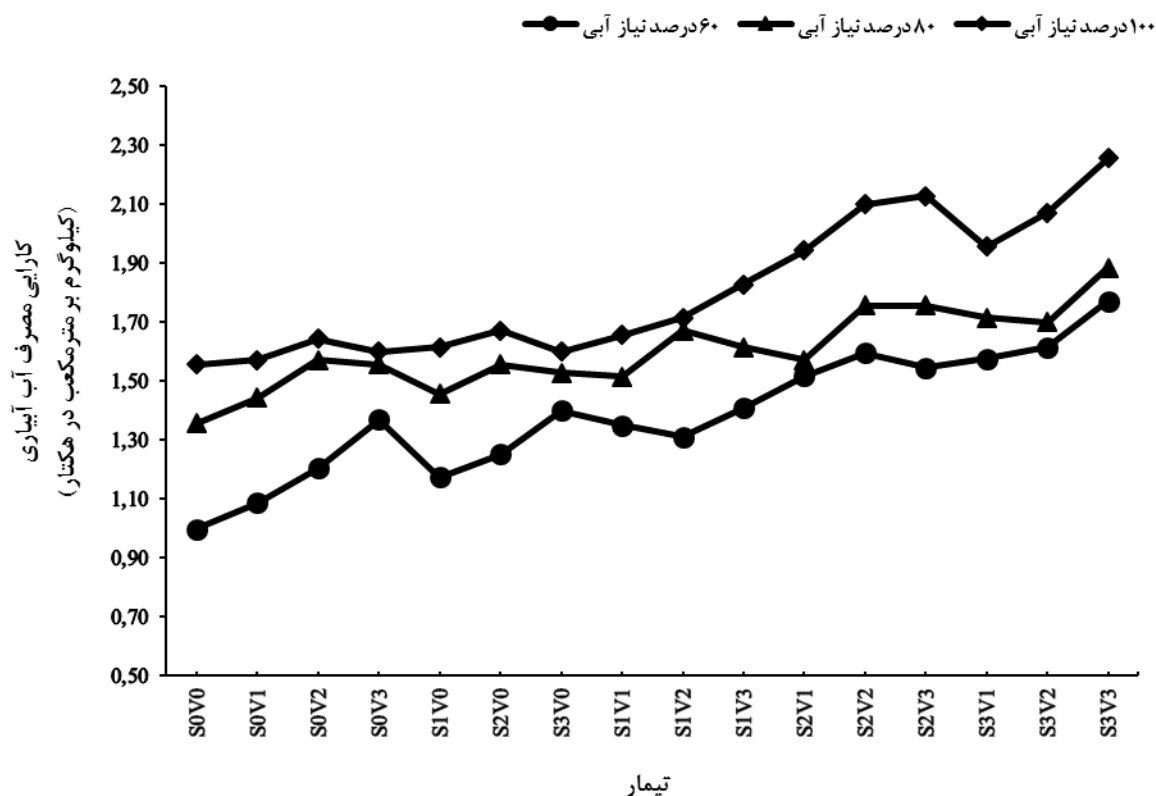


شکل ۴- روند تغییرات کارایی مصرف آب تحت سه رژیم آبیاری

۱۱/۶ و ۹/۴ درصد افزایش کارایی مصرف آب آبیاری مشاهده شد. همچنین، در تیمار کاربرد ترکیبی میزان متوسط سوپر جاذب و ورمی‌کمپوست (S₂V₂) با افزایش ۲۰ درصدی نیاز آبی از ۶۰ به ۸۰ و از ۸۰ به ۱۰۰، به ترتیب ۱۱ و ۱۹/۵۱ درصد افزایش کارایی مصرف آب آبیاری اتفاق افتاد. با استفاده از حداکثر سوپر جاذب و ورمی‌کمپوست (S₃V₃) نیز با افزایش نیاز آبی از ۶۰ به ۸۰ و از ۸۰ به ۱۰۰ به ترتیب ۶/۵ و ۱۹/۷ درصد افزایش کارایی مصرف آب آبیاری روی داد.

بررسی کارایی مصرف آب آبیاری تحت سه رژیم آبیاری (W₃, W₂, W₁)

با توجه به شکل (۵) که روند تغییرات کارایی مصرف آب آبیاری تحت سه رژیم آبیاری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان می‌دهد، می‌توان مشاهده کرد که در تیمار بدون استفاده از مواد جاذب رطوبت (S₀V₀) با افزایش ۲۰ درصدی نیاز آبی از ۶۰ به ۸۰ و از ۸۰ به ۱۰۰، به ترتیب ۳۵/۷ و ۱۴/۷ درصد افزایش کارایی مصرف آب آبیاری روی داده است. در تیمار ترکیب حداقل سوپر جاذب و ورمی‌کمپوست (S₁V₁) نیز با افزایش ۲۰ درصدی نیاز آبی از ۶۰ به ۸۰ و از ۸۰ به ۱۰۰، به ترتیب



شکل ۵- روند تغییرات کارایی مصرف آب آبیاری تحت سه رژیم آبیاری

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که بیشترین میزان کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری در تیمار $S_3V_3W_3$ به ترتیب به میزان $1/49$ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار و $2/26$ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار و کمترین میزان کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری نیز در تیمار $S_0V_0W_1$ به ترتیب به میزان $1/03$ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار و $1/56$ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار به دست آمد. به طور کلی، می توان نتیجه گرفت که کاربرد هیدروژل و ورمی کمپوست سبب

افزایش کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری گندم شده است. تحت شرایط این آزمایش، با توجه به تجزیه واریانس، کاربرد ترکیب سوپر جاذب و ورمی کمپوست توصیه نمی شود. همچنین، در کاربرد سوپر جاذب و ورمی کمپوست به صورت جداگانه، با توجه به مقایسه میانگین ها در سطح پنج درصد معنی داری، بهترین مقدار برای حصول حداکثر کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری، $0/2$ درصد وزنی سوپر جاذب یا 10 تن در هکتار ورمی کمپوست است.

فهرست منابع

۱. الهیاری، س. گلچین، ا. واعظی، ع. ر. ۱۳۹۲. مطالعه تاثیر کاربرد سوپر جاذب آب بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود تحت شرایط دیم، پژوهش های تولید گیاهی، جلد ۲۰، شماره ۱، ۱۴۰-۱۲۵.

۲. باقری، ح. و افراسیاب، پ. ۱۳۹۴. مقایسه اثرات سوپر جاذب و ورمی کمپوست بر مقدار رطوبت ذخیره شده خاک در سطوح مختلف شوری آب آبیاری، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد ۲۲، شماره ۳، ۱۹۱-۱۷۹.
۳. بهبهانی، س م ر. مشهدی، ر. رحیمی خوب، ع. نظری فر، م ه. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر پلیمر سوپر جاذب استاکوسورب بر پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای و خصوصیات فیزیکی خاک، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، سال ۳، شماره ۱، ۹۱-۱۰۰.
۴. حسام، م. و کلویی، م. ۱۳۹۳. نگهداشت رطوبت خاک توسط سوپر جاذب و اثر آن بر عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۱، شماره ۲، ۲۵۹-۲۴۵.
۵. دراجی، س. گلچین، ا. و احمدی، ش. ۱۳۸۹. تاثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپر جاذب و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی، نشریه آب و خاک. جلد ۲۴، شماره ۲، ۳۱۶-۳۰۶.
۶. درزی، م ت. قلاوند، ا. رجالی، ف. ۱۳۸۷. بررسی اثر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی بر گلدهی، عملکرد بیولوژیک و همزیستی ریشه، در گیاه دارویی رازیانه، مجله علوم زراعی ایران، جلد ۱۰، شماره ۱، ۸۸-۱۰۹.
۷. عابدی کوپایی، ج. و مسفروش، م. ۱۳۸۸. ارزیابی کاربرد پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد، کارایی مصرف آب و ذخیره عناصر غذایی در خیار گلخانه‌ای، مجله آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۳، شماره ۲، ۱۱۱-۱۰۰.
۸. فاضلی رستم‌پور، م. ثقه‌اسلامی، م ج. موسوی، س غ. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی و پلیمر (سوپر جاذب A200) بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت (*Zea mays L*) در منطقه بیرجند، تنش‌های محیطی در علوم زراعی، دوره ۴، شماره ۱، ۱۹-۱۱.
۹. کبیری، ک. ظهوریان‌مهر، م ج. ۱۳۸۵. مطالعه رفتار تورمی هیدروژل‌های سوپر جاذب کشاورزی در چرخه‌های متوالی جذب-وا جذب آب شور، دو ماهنامه انجمن علوم و مهندسی پلیمر ایران، شماره ۲۸، ۵-۴.
۱۰. نجفی، ف. گلچین، ا. و محبی، م. ۱۳۹۲. تاثیر پلیمر سوپر جاذب آکوسورب و دور آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص‌های رشد خیار گلخانه‌ای، نشریه علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال چهارم، شماره ۱۵، ۱-۱۳.
11. Helia, A.M., El-Amir, S., and Shawky, M.E. 1992. Effects of Acryhope and Agnastore polymers on water regime and porosity in sandy soil. *Int. Agrophysics*, 6: 19-25.
12. Mahdavi Damghani, A., Deihim Fard, R., and Mirzaei Talar Poshti, R. 2007. Sustainable soils: role of organic matter in sustaining soil fertility Shahid Beheshti University. Pp: 91-95.
13. Islam, M.R., Xue ,X.Z., Mao, S., Ren, C.Z., Eneji, A.E., and Hu, Y.G. 2011. Effects of water saving super absorbent polymer on antioxidantenzyme activitie sand lipid peroxidation ino at (*Avena sativa L.*) under drought stress. *J. Sci. Food Agric.* 91: 4. 680-686.
14. Karimi, A., and Naderi, M. 2007. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by super absorbent polymer application in soils with different textures. *Agricultural Research*, 7: 3. 187-198.
15. Liyuan,Y., and Yan, S. 2013. Effects of super absorbent resin on leaf water use efficiency and yield in dry-land wheat. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(6): 661-664.
16. Roy, S., Arunachalam, K., Kumar Dutta, B., and Arunachalam, A. 2010. Effect of organic amendmets of soil on growth and productivity of three common crop sviz.Zeamays, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. *Applied Soil Ecology*, 45(2): 78-84.

17. Singh, H. 2012. Effect of hydrogel on growth, yield and water use efficiency in pearlmillet (*Pennisetum glaucum*) production. *Forage Research*, 38(1): 27-28.