تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۹، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۷ (ص۶۸۲-۶۷۳) DOI: 10.22059/ijswr.2017.241821.667760

ارزیابی اثر مقادیر مختلف اصلاح کننده‌های طبیعی و مصنوعی خاک بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم

سجاد عظیمی[۱]، مجتبی خوش‌روش[۲*]، عبداله درزی نفت‌چالی[۳]، میثم عابدین‌پور[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳. استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴. استادیار گروه مهندسی آب مرکز آموزش عالی کاشمر

(تاریخ دریافت: ۲/ ۷/ ۱۳۹۶- تاریخ بازنگری ۴/ ۹/ ۱۳۹۶- تاریخ تصویب: ۵/ ۹/ ۱۳۹۶)

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر مقادیر مختلف مواد اصلاح‌کننده طبیعی و مصنوعی خاک بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی مرکز آموزش عالی کاشمر اجرا شد. در این پژوهش تیمارهای آزمایشی شامل چهار مقدار هیدروژل A200؛ صفر (S_0)، ۱ (S_1) ، ۲ (S_2) و ۳ (S_3) گرم در کیلوگرم خاک، چهار مقدار ورمی‌کمپوست؛ صفر (V_0)، ۲ (V_1)، ۳ (V_2) و ۴ (V_3) گرم در کیلوگرم خاک و سه میزان آبیاری؛ ۴۰ (W_1)، ۲۰ (W_2) و صفر (W_3) درصد نقصان رطوبتی بودند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت گلدانی در تعداد ۱۴۴ عدد گلدان اجرا شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان زیست‌توده و عملکرد دانه در تیمار $S_3V_3W_3$ به ترتیب به میزان ۸۱/۷ و ۳۵ گرم در گلدان و کم‌ترین میزان زیست‌توده و عملکرد دانه نیز در تیمار $S_0V_0W_1$ به ترتیب به میزان ۳۵ و ۱۰/۲ گرم در گلدان به دست آمد. کاربرد هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست به ترتیب باعث افزایش ۳۱/۸۸ و ۱۸/۵ درصدی عملکرد بیولوژیک و ۲۳/۵ و ۲۰/۲۵ درصدی عملکرد دانه گندم شده است. تحت شرایط این آزمایش، اثر متقابل هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد. اثر هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد دانه معنی‌دار شد به طوری که بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار ۲ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل A200 و ۳ گرم در کیلوگرم خاک ورمی‌کمپوست و بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار ۳ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل A200 و ۴ گرم در کیلوگرم خاک ورمی‌کمپوست بدست آمد. کاربرد جداگانه هیدروژل A200 و ورمی-کمپوست برای رسیدن به حداکثر میزان عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، ورمی‌کمپوست، هیدروژل A200، گندم، عملکرد

مقدمه

فقدان آب و بیابان‌زایی از مشکلات جدی در بسیاری از نواحی دنیا محسوب می‌شود که توسعه‌ی پوشش گیاهی و رشد کشاورزی را در معرض خطر جدی قرار می‌دهد (Pouci and Lemma, 2008). آب عنصری حیاتی است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک، گسترش کشت در اراضی مستعد را با محدودیت مواجه می‌سازد. کشور ایران به دلیل نقصان ریزش-های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی، در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان بوده و همواره با مشکل کمبود آب روبه‌رو است (Seyed Dorraji *et al.*, 2010). اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب می‌باشد. روش‌های مختلفی برای کاهش محدودیت‌های منابع آب پیشنهاد شده است که استفاده از مواد اصلاح‌کننده طبیعی و مصنوعی از جمله آن‌ها می‌باشد. مطالعه Behbahani *et al.* (2009) در تحقیقی نشان دادند افزودن موادی مانند بقایای گیاهی، مواد پلیمیری 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 مناسب از لحاظ نگهداشت رطوبت تبدیل نماید. همچنین Karimi and Naderi (2007) بیان نمودند که ماده آلی به‌عنوان بهترین اصلاح‌کننده در افزایش ظرفیت

* نویسنده مسئول: khoshravesh_m24@yahoo.com

نگهداشت آب در بیش‌تر خاک‌ها می‌تواند به کار رود. یکی از روش‌های افزایش دور آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب به همراه کاهش هزینه‌های آبیاری، افزودن سوپرجاذب‌ها به خاک می‌باشد (Kabiri and Zohorianmehr, 2006). اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی به گیاه و افزایش نگهداری آب در خاک از خصوصیات بارز سوپرجاذب‌ها می‌باشد (Haghaeighi Moghaddam, 2003). سوپرجاذب‌ها با جذب سریع آب و حفظ آن، تلفات آبیاری مانند نفوذ عمقی را کاهش داده، 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 توسط آن پیوستگی عمودی لوله‌های مویینه شکسته شده و تبخیر از سطح خاک کاهش می‌یابد (Helia *et al*., 1992). Islam *et al*. (2011) بیان نمودند، زمانی که سوپرجاذب‌ها با خاک مخلوط می‌شوند موجب حفظ مقدار زیادی رطوبت و مواد غذایی در خاک می‌گردند 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 (Islam *et al*., 2011). یکی دیگر از فواید مهم سوپرجاذب این است که آب ذخیره شده در هیدروژل به‌طور موثر به مصرف گیاه می‌رسد. به این صورت که شیب پتانسیل بین ژل و ریشه گیاه موجب می‌شود تا ژل، آب را آزاد کند، در نتیجه آب به‌سمت ریشه حرکت کرده و به راحتی در اختیار ریشه گیاه قرار گیرد. بنابراین استفاده از این پلیمرها یکی از مناسب‌ترین راهکارها جهت فراهم آوردن رطوبت خاک در منطقه ریشه گیاه بوده، لذا یکی از روش‌های افزایش دور آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب به همراه کاهش هزینه‌های آبیاری، افزودن سوپرجاذب‌ها می‌باشد (Bagheri and Afrasiab, 2015). Ananda (۲۰۰۹) پژوهشی بر روی کلم انجام داد و نتیجه گرفت مقدار ویتامین ث در زمان برداشت با افزایش پلیمر سوپرجاذب افزایش یافت. Rezapourian *et al*. (2014) به‌منظور مطالعه اثر کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد گندم تحت شرایط تنش خشکی آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در دانشگاه شهرکرد اجرا کردند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی و همچنین کود دامی و پلیمر سوپرجاذب اثر معنی‌داری بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت دارد، به‌طوری که تنش خشکی سبب کاهش صفات مورد اشاره شد. همچنین اثر متقابل تنش خشکی و کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه معنی‌دار بود. یکی دیگر از مواد اصلاح کننده که اخیراً زیاد مورد توجه کشاورزان و پژوهشگران قرار گرفته است، ورمی‌کمپوست می‌باشد. ورمی‌کمپوست یکی از بهترین کودهای آلی حال حاضر می‌باشد که به خوبی تغییر ساختار یافته است و فرایند هوموسی شدن در مرحله رسیدگی آن به سرعت اتفاق می‌افتد (Darzi *et al*., 2008). این کود به دلیل سرعت فرایند هوموسی شدنش در خاک انتخاب می‌شود زیرا هوموس با چسباندن ذرات خاک به هم موجب به وجود آمدن خاک‌دانه در محیط خاک می‌شود که کمک شایانی در بهبود ساختمان خاک می‌کند (Mahdavi Damghani *et al*., 2007). همچنین ورمی‌کمپوست حاوی مواد مغذی با فرم‌هایی هست که به راحتی توسط ریشه جذب شده و در دسترس گیاه قرار می‌گیرند (Roy *et al*., 2010). Campitelli and Ceppi (2008) بیان کردند که ورمی‌کمپوست می‌تواند شرایط را برای بهبود ظرفیت نگهداشت رطوبت در خاک فراهم کرده و به جذب مواد غذایی توسط گیاه سرعت ببخشد. از دیگر مزیت‌های عمده ورمی‌کمپوست می‌توان به هدایت الکتریکی پایین، ظرفیت تبادلی کاتیونی بالا و قابلیت بالای جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم اشاره کرد (Campitelli and Ceppi, 2008). به علاوه افزایش تخلخل، تهویه، نفوذپذیری و بالا بردن مقدار ظرفیت نگهداشت آب خاک از اثرات دیگر ورمی‌کمپوست روی خصوصیات خاک می‌باشد (Mahdavi Damghani *et al*., 2007). Ibrahim *et al*. (2015) در پژوهشی به بررسی اثرات ورمی‌کمپوست و مواد رسوبی آب روی برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد گندم پرداختند. تیمارها شامل ورمی‌کمپوست، مواد رسوبی داخل آب و ترکیبی از هر دو مورد بود. نتایج نشان داد تیمار ترکیبی به طور معنی‌داری اثرات مثبتی بر روی خصوصیات فیزیکی خاک و بهبود عملکرد گندم دارد. Ilker and Emrah (2016) به ارزیابی اثر ورمی‌کمپوست روی ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک قلیایی با آهک بالا در طول دوره رشد تولید کرفس پرداختند. این آزمایش تحت شرایط مزرعه در

رژیم مدیترانه‌ای نیمه‌خشک در کشور ترکیه اجرا شد. همچنین در این مطالعه کود دامی و کودهای شیمیایی برای مقایسه در دو دوره متوالی رشد استفاده شدند. نتایج نشان داد که به‌طور کلی ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک قلیایی با آهک بالا در طول دوره رشد کرفس را در مقایسه با کود دامی عوض می‌کند.

گندم به‌عنوان غذای اصلی اغلب جوامع از جمله ایران یک کالای استراتژیک و راهبردی بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Ahmadvand and Najafpour, 2010). سطح برداشت گندم شهرستان کاشمر نیز در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ حدود ۱۲۵۰ هکتار گندم آبی و ۷۰۰ هکتار گندم دیم بوده و در مجموع ۳۵۰۰ تن محصول برداشت شده است. شهرستان کاشمر نیز دارای اقلیم خشک بیابانی معتدل و با متوسط بارندگی سالیانه ۱۸۵/۸ میلی‌متر می‌باشد، همچنین به‌دلیل افت سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه و تحقیقات کمی که در مورد تأثیر ترکیبی اصلاح‌کننده‌های طبیعی و مصنوعی صورت گرفته است، در این پژوهش به بررسی اثرات ترکیبی مواد اصلاح‌کننده خاک در شرایط تنش آبی بر کشت گندم رقم الوند در شهرستان کاشمر پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر مقادیر مختلف مواد اصلاح‌کننده طبیعی و مصنوعی خاک بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی مرکز آموزش عالی کاشمر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی همراه با سه تکرار اجرا شد. این آزمایش در آبان ماه ۱۳۹۵ آغاز و ۳ ماه بعد از کاشت، تیمارهای آبی تعریف شده بر روی آن‌ها اعمال شد. فاکتور اول نیز شامل ۱۶ سطح مختلف کاربرد مواد اصلاح کننده خاک (هیدروژل A200 در چهار سطح صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در کیلوگرم خاک، ورمی‌کمپوست در چهار سطح صفر، ۲، ۳ و ۴ گرم در کیلوگرم خاک، ترکیب تمامی مقادیر هیدروژل A200 (S) با تمامی مقادیر ورمی‌کمپوست (V) و فاکتور دوم شامل سه سطح آبیاری (۴۰، ۲۰ و صفر درصد نقصان رطوبتی (W)) می‌باشد. آزمایش در تعداد ۱۴۴ گلدان پلاستیکی سیاه رنگ به ابعاد (ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر، قطر بالایی ۳۰ سانتی‌متر، قطر پایینی ۲۵ سانتی‌متر) انجام گرفت. جهت آماده‌سازی محیط کشت، ۲۴ کیلوگرم خاک با مقادیر هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست مورد نظر مخلوط شده و به داخل گلدان‌ها ریخته شد. هیدروژل مورد استفاده از نوع A200 و محصول پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران و ورمی‌کمپوست نیز محصول تولیدی مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان کاشمر بود. پس از آماده‌سازی گلدان‌ها، بذور گندم رقم الوند در خاک گلدان‌ها کشت شد. بهترین روش برای آبیاری، تأمین آن بر اساس نیاز رطوبتی خاک و گیاه می‌باشد (Rostami *et al.*, 2016). 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).

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_i) \times D_{rz} \times f \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

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 مؤثر ریشه

f: ضریب مربوط به تیمار آبیاری

جدول (۱) مربوط به کم آبیاری‌های اعمال شده می‌باشد. برای این منظور از رطوبت‌سنج مدل PMS-714 استفاده شد. این رطوبت‌سنج در تیمارهای شاهد (بدون هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست، صفر درصد نقصان رطوبتی) قرار می‌گرفت. میزان آب مورد نیاز پس از محاسبه توسط رابطه (۱) به‌وسیله بشر آزمایشگاهی به گلدان‌ها داده می‌شد. در طول دوره رشد مراقبت‌های مورد نیاز مانند مبارزه با آفات به وسیله سم‌پاشی انجام شد. پس از رسیدن و خشک‌شدن کامل بوته‌های گندم، در تاریخ ۹۶/۰۳/۰۱ عملیات برداشت محصول انجام پذیرفت. برای اندازه‌گیری عملکرد، بوته‌های موجود در هر گلدان (۱۰ عدد بوته گندم) از سطح خاک گلدان بریده شده و توسط ترازوی دیجیتالی به‌عنوان عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) ثبت شد. همچنین وزن دانه نیز برای هر گلدان به‌عنوان عملکرد دانه محاسبه شد. در نهایت رسم نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL و تجزیه تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS صورت پذیرفت.

خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده و نیز اطلاعات هواشناسی منطقه در طول دوره پژوهش به ترتیب در جدول‌های (۲، ۳ و ۴) ارائه شده است.

جدول ۱. برنامه زمانی تیمارهای مختلف آب آبیاری به همراه مقدار آب کاربردی

تیمار آبیاری	صفر درصد نقصان رطوبتی	۲۰ درصد نقصان رطوبتی	۴۰ درصد نقصان رطوبتی
تاریخ	حجم آبیاری (cm^3)	حجم آبیاری (cm^3)	حجم آبیاری (cm^3)
۹۵/۱۲/۲۲	۸۰۰	۶۴۰	۴۸۰
۹۶/۰۱/۰۱	۷۲۰	۵۷۰	۴۳۰
۹۶/۰۱/۰۸	۱۰۷۴	۸۶۰	۶۵۰
۹۶/۰۱/۱۵	۱۳۰۰	۱۰۶۰	۷۸۰
۹۶/۰۱/۲۲	۱۴۸۰	۱۱۸۴	۸۸۸
۹۶/۰۱/۲۹	۱۹۰۰	۱۵۳۰	۱۱۵۰
۹۶/۰۲/۰۵	۱۹۰۰	۱۵۳۰	۱۱۵۰
۹۶/۰۲/۱۲	۱۹۵۰	۱۵۶۰	۱۱۷۰
۹۶/۰۲/۱۹	۲۰۵۰	۱۶۴۰	۱۲۳۰

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش

هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته pH	کربن آلی (٪)	ازت (٪)	کل میلی‌گرم در کیلوگرم (mg/kg)	
				فسفر	پتاسیم
۵/۱۹۰	۷/۵۰	۰/۲۶	۰/۰۲	۱۰/۵	۲۵۵

جدول ۳. خصوصیات فیزیکی خاک مورد آزمایش

بافت خاک				درصد رطوبت وزنی		هدایت هیدرولیکی اشباع
رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	نوع بافت	FC	PWP	K_S (mm/hr)
۱۹	۶۰	۲۱	سیلتی لوم	۲۵/۰۹	۹/۴۶	۱۳/۰۷

جدول ۴. اطلاعات هواشناسی منطقه در طول دوره پژوهش

ماه	متوسط دما (°C)	متوسط رطوبت نسبی (٪)	مجموع بارندگی (mm)	مجموع ET_o (mm)
آذر	۶/۵	۴۰	۵/۳	۸۲/۶۱
دی	۶/۱	۴۷	۱/۹	۷۳/۶۴
بهمن	۵/۸	۶۵	۸۹/۶	۶۵/۱۸
اسفند	۹/۴	۴۳	۲۰/۲	۱۳۳/۸۲
فروردین	۱۷/۷	۴۶	۲۰/۶	۱۹۶/۷
اردیبهشت	۲۳/۴	۲۹	۶/۶	۳۰۲/۳۱

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل آماری

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نتایج نشان داد اثر میزان آبیاری، اثر مقدار هیدروژل A200 و اثر مقدار ورمی-کمپوست تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) و عملکرد دانه دارند که با نتایج Allahyari *et al.* (2013) و Fazeli Rostampoor *et al.* (2011) هم‌خوانی دارد. اثر متقابل هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست بر زیست‌توده و عملکرد دانه معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین اثر متقابل هیدروژل A200 و نقصان رطوبتی در سطح احتمال پنج درصد بر زیست‌توده و عملکرد دانه معنی‌دار بوده، اثر متقابل ورمی‌کمپوست و نقصان رطوبتی روی زیست‌توده در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده ولی بر عملکرد دانه معنی‌دار نمی‌باشد. اثر متقابل نقصان رطوبتی، هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست نیز بر

پارامترهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار نمی‌باشد.

طبق جدول (۶) بیشترین میانگین میزان زیست‌توده و عملکرد دانه، مربوط به سطح صفر درصد نقصان رطوبتی و کمترین میانگین میزان این پارامترها مربوط به سطح ۴۰ درصد نقصان رطوبتی می‌باشد و بین سطوح مختلف نقصان رطوبتی، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود دارد.

جدول ۵. میانگین مربعات اثر سطوح مختلف نقصان رطوبتی، ورمی کمپوست و هیدروژل A200 بر عملکرد

منبع تغییرات	درجه آزادی	زیست‌توده	عملکرد دانه
سطوح هیدروژل	۳	۱۵۰۹/۴۹۱ **	۱۴۸/۰۴۵ **
سطوح ورمی کمپوست	۳	۵۸۶/۳۴۲ **	۹۷/۹۲۸ **
هیدروژل، ورمی کمپوست	۹	۱۰/۵۷۱ ns	۶/۰۴۵ ns
سطوح نقصان رطوبتی	۲	۳۳۷۲/۰۴۹ **	۲۲۹۱/۹۴۲ **
هیدروژل، نقصان رطوبتی	۶	۴۱/۲۶۱ *	۹/۵۱۴ *
ورمی کمپوست، نقصان رطوبتی	۶	۴۱/۰۳۰ *	۴/۰۴۶ ns
هیدروژل، ورمی کمپوست، نقصان رطوبتی	۱۸	۲۱/۰۴۵ ns	۳/۴۸۹ ns
خطای آزمایشی	۹۶	۱۴۱۶/۶۶۷	۳۲۶/۷۱۰

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر ساده نقصان رطوبتی، ورمی‌کمپوست و هیدروژل A200 بر عملکرد

فاکتور	سطح	زیست‌توده (گرم)	عملکرد دانه (گرم)
نقصان رطوبتی	۴۰	۴۷/۷۱ c	۱۴/۱۶c
	۲۰	۵۸/۲۳ b	۲۰/۶۳b
	۰	۶۴/۲۷ a	۲۷/۹۷a
هیدروژل A200	۰	۴۸/۴۷ d	۱۸/۵۴c
	۱	۵۵/۲۸ c	۱۹/۹۶b
	۲	۵۹/۵۸ b	۲۲/۲۸a
	۳	۶۳/۶۱a	۲۲/۹۰a
ورمی کمپوست	۰	۵۱/۲۵d	۱۸/۷۶c
	۲	۵۶/۳۹c	۲۰/۶۱b
	۳	۵۸/۷۵b	۲۱/۷۵a
	۴	۶۰/۵۵ a	۲۲/۵۶a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

اثر متقابل سطوح نقصان رطوبتی و هیدروژل A200 بر روی زیست‌توده و عملکرد دانه در سطح پنج درصد نیز معنی‌دار است. بر اساس جدول (۷) که اثر متقابل سطوح تنش خشکی و سطوح هیدروژل A200 را نشان می‌دهد، با افزایش مقدار هیدروژل A200 مقادیر زیست‌توده و عملکرد دانه افزایش یافت. Liyuan and Yan (2013) نیز بیان کردند که سوپرجاذب روی عملکرد و اجزای عملکرد گندم اثر مثبت می‌گذارد. بیش‌ترین مقدار زیست‌توده را تیمار صفر درصد نقصان رطوبتی و ۳ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل A200 دارا می‌باشد که با تیمار صفر درصد نقصان رطوبتی و ۲ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل A200 اختلاف معنی‌داری دارد. کم‌ترین مقدار زیست‌توده نیز مربوط به تیمار ۴۰ درصد نقصان رطوبتی و بدون استفاده از هیدروژل A200 است که با تیمار ۴۰ درصد نقصان رطوبتی و ۱ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل A200 اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد دارد. همچنین بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار صفر درصد نقصان رطوبتی و ۳ گرم در کیلوگرم خاک استفاده از هیدروژل A200 می‌باشد که با تیمار صفر درصد نقصان رطوبتی و ۲ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل

A200 اختلاف معنی‌داری نداشته اما با تیمارهای صفر درصد نقصان رطوبتی و ۱ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل A200 و بدون هیدروژل A200 اختلاف معنی‌داری دارد.

از میان پارامترهای اندازه‌گیری شده، فقط زیست‌توده تحت اثر متقابل سطوح نقصان رطوبتی و ورمی‌کمپوست در سطح پنج درصد بود. بر اساس جدول (۸) با افزایش مقادیر ورمی‌کمپوست و نیز کاهش نقصان رطوبتی، مقدار زیست‌توده نیز افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار زیست‌توده مربوط به تیمار صفر درصد نقصان رطوبتی و ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست می‌باشد که با تیمار صفر درصد نقصان رطوبتی و ۷ تن در هکتار ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری دارد. با افزایش نقصان رطوبتی از صفر به ۲۰ درصد و با وجود مقادیر ورمی‌کمپوست مساوی ۱۰ و یا ۷ تن در هکتار، مقدار زیست‌توده اختلاف معنی‌داری نداشت.

جدول ۷. اثر متقابل سطوح نقصان رطوبتی و هیدروژل A200 بر زیست‌توده و عملکرد دانه

سطح نقصان رطوبتی	سطح هیدروژل	زیست‌توده (گرم)	عملکرد دانه (گرم)
۴۰	۰	۴۰ f	۱۱/۸۹۲۵ g
	۱	۴۸/۳۳۳ e	۱۳/۴۱۰۸ gf
	۲	۵۰/۸۳۳ de	۱۵/۱۰۰۸ ef
	۳	۵۱/۶۶۷ de	۱۶/۲۳۵۰ e
۲۰	۰	۵۰ e	۱۹/۰۷۹۲ d
	۱	۵۵/۴۱۷ d	۲۰/۱۴۹۲ cd
	۲	۶۱/۲۵۰ c	۲۱/۳۵۱۷ c
	۳	۶۶/۲۵۰ b	۲۱/۹۵۳۳ c
۰	۰	۵۵/۴۱۷ d	۲۴/۶۵۴۲ b
	۱	۶۲/۰۸۳ bc	۲۶/۳۳۰۸ b
	۲	۶۶/۶۶۷ b	۳۰/۳۸۰۸ a
	۳	۷۲/۹۱۷ a	۳۰/۵۱۴۲ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

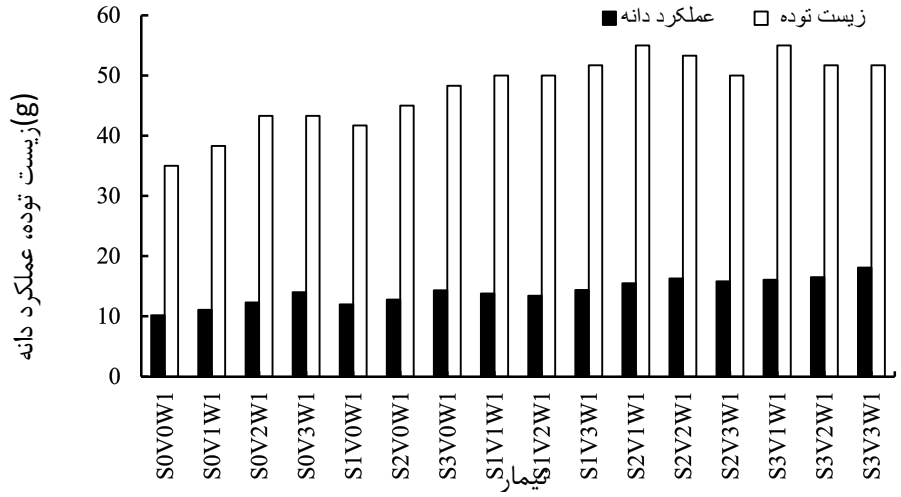
جدول ۸. اثر متقابل سطوح نقصان رطوبتی و ورمی‌کمپوست بر زیست‌توده

سطح نقصان رطوبتی	سطح ورمی‌کمپوست	زیست‌توده (گرم)
۴۰	۰	۴۲/۵ f
	۲	۴۹/۵۸۳ e
	۳	۴۹/۵۸۳ e
	۴	۴۹/۱۶۷ e
۲۰	۰	۵۲/۵ de
	۲	۵۷/۰۸۳ cd
	۳	۶۱/۲۵۰ bc
	۴	۶۲/۰۸۳ bc
۰	۰	۵۸/۷۵۰ c
	۲	۶۲/۵ bc
	۳	۶۵/۴۱۷ ab
	۴	۷۰/۴۱۷ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

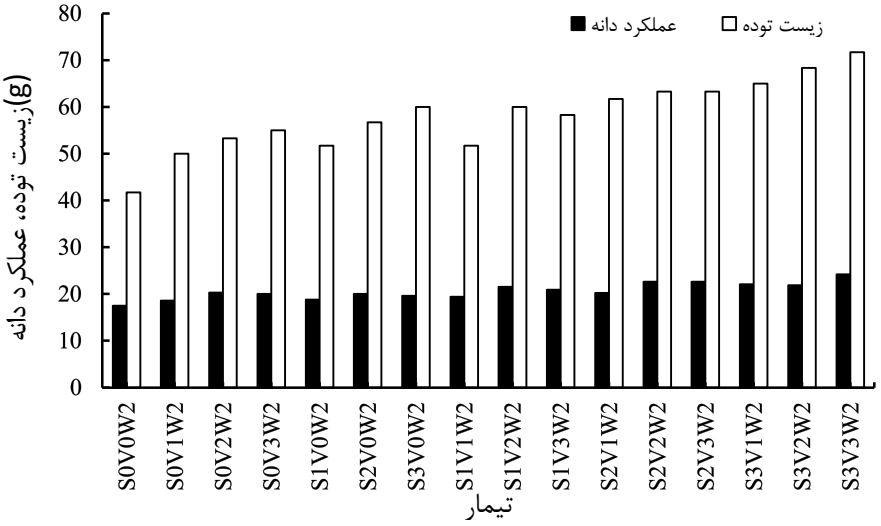
با توجه به شکل (۱) که نمودار مربوط به روند تغییرات عملکرد دانه و زیست‌توده (عملکرد بیولوژیک) تحت اعمال تیمار ۴۰ درصد نقصان رطوبتی را نشان می‌دهد، می‌توان دریافت که حداکثر عملکرد دانه به میزان ۱۸/۱ گرم در گلدان مربوط به تیمار ترکیب حداکثر مقدار هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست می‌باشد. حداقل عملکرد دانه نیز به میزان ۱۰/۲ گرم در گلدان

مربوط به تیمار بدون هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست است. همچنین حداکثر زیست‌توده به میزان ۵۵ گرم در گلدان مربوط به تیمار ترکیب حداکثر هیدروژل A200 و حداقل ورمی-کمپوست می‌باشد. در تیمار بدون استفاده از مواد اصلاح کننده خاک، حداقل زیست‌توده به مقدار ۳۵ گرم در گلدان مشاهده شد. به طور کلی با افزایش مواد اصلاح کننده خاک، افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده در همه تیمارها اتفاق افتاده است که با یافته‌های Kohestani *et al*., 2009 هم‌خوانی دارد.



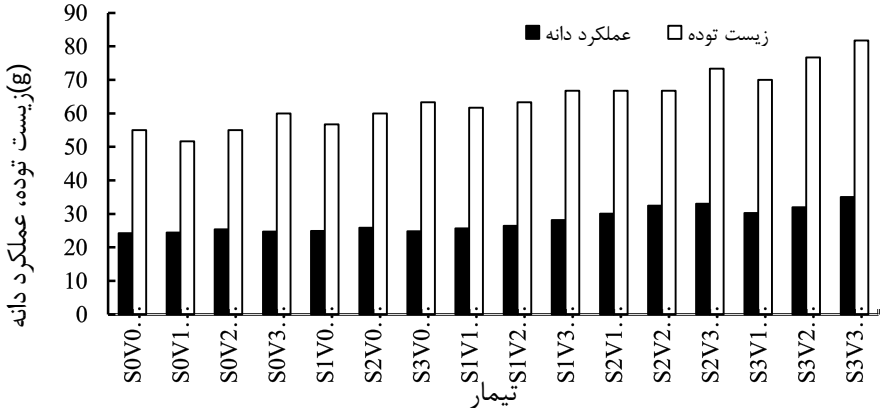
شکل ۱. نمودار روند تغییرات عملکرد دانه و زیست‌توده تحت اعمال ۴۰ درصد نقصان رطوبتی

با توجه به شکل (۲) که نمودار مربوط به روند تغییرات عملکرد دانه و زیست‌توده تحت اعمال تیمار ۲۰ درصد نقصان رطوبتی را نشان می‌دهد، می‌توان دریافت که حداکثر عملکرد دانه به میزان ۲۴/۲ گرم در گلدان مربوط به تیمار ترکیبی حداکثر مقدار هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست است. حداقل عملکرد دانه نیز به میزان ۱۷/۵ گرم در گلدان در تیمار بدون هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست به دست آمد. همچنین حداکثر زیست‌توده به میزان ۷۱/۷ گرم در گلدان مربوط به ترکیب حداکثر هیدروژل A200 و حداکثر ورمی‌کمپوست می-باشد. در تیمار بدون استفاده از مواد اصلاح‌کننده خاک، حداقل زیست‌توده به مقدار ۴۱/۷ گرم در گلدان مشاهده شد. به طور کلی با افزایش مواد اصلاح کننده خاک، افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده اتفاق افتاده است که با یافته‌های Yaghtin *et al*., 2009 هم‌خوانی دارد.



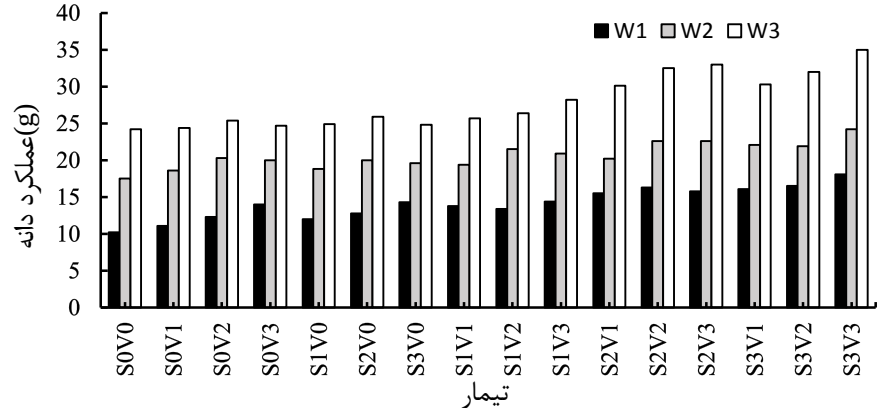
شکل ۲. نمودار روند تغییرات عملکرد دانه و زیست‌توده تحت اعمال ۲۰ درصد نقصان رطوبتی

با توجه به شکل (۳) که نمودار مربوط به روند تغییرات عملکرد دانه و زیست‌توده تحت اعمال تیمار صفر درصد نقصان رطوبتی (آبیاری کامل) را نشان می‌دهد، می‌توان دریافت که حداکثر عملکرد دانه به میزان ۳۵ گرم در گلدان در تیمار ترکیبی حداکثر مقدار هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست بدست آمده است. حداقل عملکرد دانه نیز به میزان ۲۴/۲ گرم در گلدان در تیمار بدون هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست به دست آمد. همچنین حداکثر زیست‌توده به میزان ۸۱/۷ گرم در گلدان مربوط به ترکیب حداکثر هیدروژل A200 و حداکثر ورمی-کمپوست می‌باشد. در تیمار ترکیب بدون استفاده از هیدروژل A200 و حداقل ورمی‌کمپوست، حداقل زیست‌توده به مقدار ۵۱/۷ گرم در گلدان مشاهده شد. به طور کلی با افزایش مواد اصلاح‌کننده خاک افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده اتفاق افتاده است که با یافته‌های Abedini and Sajedi (2014) هم‌خوانی دارد.



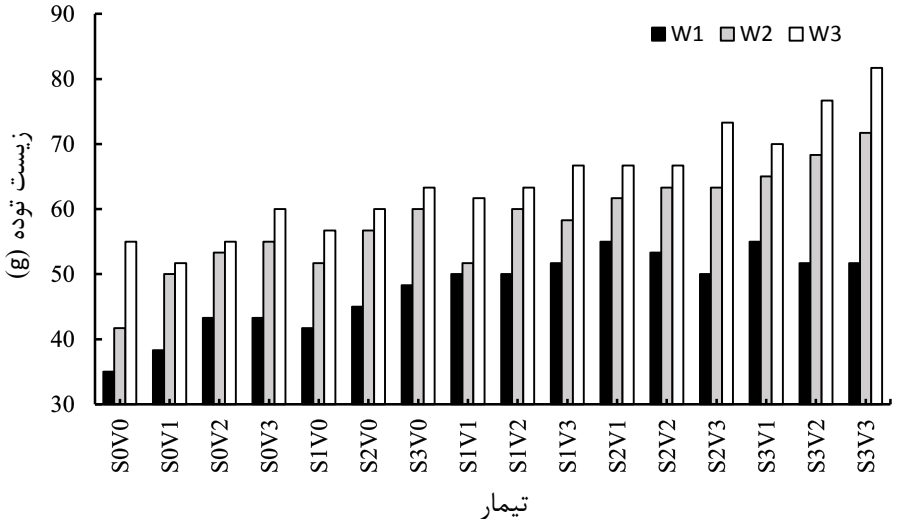
شکل ۳. نمودار روند تغییرات عملکرد دانه و زیست‌توده تحت اعمال صفر درصد نقصان رطوبتی

با توجه به شکل (۴) که روند تغییرات عملکرد دانه تحت سه تیمار نقصان رطوبتی ۴۰، ۲۰ و صفر درصد را نشان می‌دهد، می‌توان مشاهده کرد که در تیمار بدون استفاده از مواد اصلاح‌کننده خاک (S_0V_0) با کاهش ۲۰ درصدی نقصان رطوبتی از ۴۰ به ۲۰ و از ۲۰ به صفر، به ترتیب ۷۱/۶ و ۳۸/۳ درصد افزایش عملکرد دانه روی داده است. در تیمار ترکیبی حداقل هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست (S_1V_1) نیز با کاهش ۲۰ درصدی نقصان رطوبتی از ۴۰ به ۲۰ و از ۲۰ به صفر، به ترتیب ۴۰/۶ و ۳۲/۵ درصد افزایش عملکرد دانه مشاهده شد. همچنین در تیمار کاربرد ترکیبی میزان متوسط هیدروژل A200 و ورمی-کمپوست (S_2V_2) با کاهش ۲۰ درصدی نقصان رطوبتی از ۴۰ به ۲۰ و از ۲۰ به صفر، به ترتیب ۳۸/۷ و ۴۳/۸ درصد افزایش عملکرد دانه اتفاق افتاد. با استفاده حداکثر هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست (S_3V_3) نیز با کاهش نقصان رطوبتی از ۴۰ به ۲۰ و از ۲۰ به صفر به ترتیب ۳۳/۷ و ۴۴/۶ درصد افزایش عملکرد دانه روی داد.



شکل ۴. نمودار روند تغییرات عملکرد دانه تحت سه رژیم نقصان رطوبتی

با توجه به شکل (۵) که روند تغییرات زیست‌توده تحت سه تیمار ۴۰، ۲۰ و صفر درصد نقصان رطوبتی را نشان می‌دهد، می‌توان مشاهده کرد که در تیمار بدون استفاده از مواد اصلاح‌کننده خاک (S_0V_0) با کاهش ۲۰ درصدی نقصان رطوبتی از ۴۰ به ۲۰ و از ۲۰ به صفر، به ترتیب ۱۹/۲ و ۳۱/۹ درصد افزایش زیست‌توده روی داده است. در تیمار ترکیب حداقل هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست (S_1V_1) نیز با کاهش ۲۰ درصدی نقصان رطوبتی از ۴۰ به ۲۰ و از ۲۰ به صفر، به ترتیب ۳/۴ و ۱۹/۳۴ درصد افزایش زیست‌توده مشاهده شد. همچنین در تیمار کاربرد ترکیبی میزان متوسط هیدروژل A200 و ورمی-کمپوست (S_2V_2) با کاهش ۲۰ درصدی نقصان رطوبتی از ۴۰ به ۲۰ و از ۲۰ به صفر، به ترتیب ۱۸/۸ و ۵/۴ درصد افزایش زیست‌توده اتفاق افتاد. با استفاده حداکثر هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست (S_3V_3) نیز با کاهش نقصان رطوبتی از ۴۰ به ۲۰ و از ۲۰ به صفر به ترتیب ۳۸/۷ و ۱۳/۹ درصد افزایش زیست‌توده روی داد.



شکل ۵. نمودار روند تغییرات زیست‌توده تحت سه رژیم نقصان رطوبتی

نتیجه‌گیری کلی

بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) و عملکرد دانه در تیمار $S_3V_3W_3$ به ترتیب به میزان ۸۱/۷ و ۳۵ گرم در گلدان به دست آمد. کم‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده) و عملکرد دانه در تیمار $S_0V_0W_1$ به ترتیب به میزان ۳۵ و ۱۰/۲ گرم در گلدان به‌دست آمد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست به ترتیب باعث افزایش ۳۱/۸۸ و ۱۸/۵ درصدی عملکرد بیولوژیک، ۲۳/۵ و ۲۰/۲۵ درصدی عملکرد دانه گندم شده است. تحت شرایط این آزمایش، با توجه به تجزیه و تحلیل نتایج، اثر متقابل هیدروژل A200 و ورمی‌کمپوست روی عملکرد دانه و زیست‌توده معنی‌دار نبود بنابراین کاربرد ترکیب مواد اصلاح‌کننده طبیعی و مصنوعی خاک توصیه نمی‌شود. اثر کاربرد هیدروژل A200 و ورمی-کمپوست به صورت جداگانه، بر روی عملکرد دانه و زیست‌توده در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده و بهترین مقدار برای حصول حداکثر عملکرد دانه ۲ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل A200 و ۳ گرم در کیلوگرم خاک ورمی‌کمپوست و برای حصول حداکثر عملکرد بیولوژیک ۳ گرم در کیلوگرم خاک هیدروژل A200 و ۴ گرم در کیلوگرم خاک ورمی‌کمپوست می‌باشد.

REFERENCES

Abedini, A., & Sajedi, N. 2014. Effect of application of a superabsorbent polymer on physiological traits of dry land wheat cultivars. Agronomy Journal, 103: 140-146. (In Farsi)

Ahmadvand, M., & Najafpour, Z. 2010. Study of the level of cultivation, production and supportive policies of wheat during the first to fourth development plans. Journal of Economic Research and Policy, 18(53): 59-76. (In Farsi)

Allahyari, S., Golchin, A., & Vaezi, A. R. 2013. Study on effect of super absorbent polymer application on yield and yield components of two chickpea cultivars under rainfed conditions. J. of Plant Production, 20(1): 125-139. (In Farsi)

Ananda, P. 2009. Influence of Superabsorbent Polymer on plant growth and productivity in cabbage. Thesis submitted to the University of Agricultural Sciences, Dharward in partial 64 uperabsorb of the requirements for the Degree of Master of Science In crop Physiology.

Bagheri, H., & Afrasiab, p. 2015. Comparison of the effects of super absorbent and vermicompost at different levels of irrigation water salinity on soil moisture storage. Journal of Water and Soil Conservation, 22(3). 179-191. (In Farsi)

Behbahani, M. R., Mashhadi, R., Rahimi Khob, A., & Nazarifar, M. H. 2009. Study of super absorption polymer (SAP) stakasorb on moisture front of trickle and irrigation physical properties of soil. Iran. J. Irrig. Drain. 3(1): 91-100. (In Farsi)

Campitelli, P., & Ceppi, S. 2008. Effects of composting technologies on the chemical and physicochemical properties of humic acids. Geoderma. 14: 325-333.

Darzi, M. T., Ghalavand, A., & Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (Foeniculum vulgare Mill.). Iran. J. Crop Sci. 10(1): 88-109. (In Farsi)

Fazeli Rostampoor, M., Seghatoleslami, M. J., & Moosavi, G. R. 2011. Effect of water stress and polymer (Superjazeb A200) on yield and water use efficiency of corn (Zea mays L.) in Birjand region. Environmental Stresses in Crop Sciences, 4(1): 11-19. (In Farsi)

Haghaeighi Moghaddam, S. A. 2003. Explore the possibility of amendments and retain moisture in the soil to increase water use efficiency. J. Agric. Ext. drought and drought. 9: 78-88.

Helia, A. M., El-Amir, S., & Shawky, M. E. 1992. Effects of Acryhope and Agnastore polymers on water regime and porosity in sandy soil. Int. Agrophysics, 6: 19-25.

Ibrahim, M., Essawy K., & Doaa, A. 2015. Effects of vermicompost and water treatment residuals on soil physical properties and wheat yield. International Agrophysics, 157-164.

Ilker, U., & Emrah, I. 2016. Effect of vermicompost on chemical and biological properties of an alkaline soil with high lime content during celery (Apium graveolens L. var. dulce Mill.). Production, Not Bot Horti Agrobo, 44(1), 281-293.

Islam, M. R., Xue, X. Z., Mao, S., Ren, C. Z., Eneji, A. E., & 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.

Kabiri, K., & Zohorianmehr, M. J. 2006. Agricultural super absorbent hydrogel swelling behavior in successive cycles of adsorption-desorption saltwater. Polymer and Petrochemical Institute. The Research Institute of Process. Paint and Coatings Resins Group area. (In Farsi)

Karimi, A., & 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.

Kohestani, Sh., Askari, N., & Maghsodi, K. 2009. The effect of superabsorbent hydrogels on grain corn yield under drought stress conditions. Iranian Journal of Water Research, 5(3): 71-78.

Liyuan, Y., & 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.

Mahdavi Damghani, A., Deihim Fard, R., & Mirzaei Talarposhti, R. 2007. Sustainable soils: role of organic matter in sustaining soil fertility Shahid Beheshti University. Pp: 91-95.

Pouci, F., & Lemma, F. 2008. Polymer in agriculture: a review. American Journal of Agricultural and Science Publications, 3(1): 299-314.

Rezapourian, F., Fathi, G., Mashhadi, A., & Shahraki, A. 2014. The Effect of manure and superabsorbent polymer on wheat yield under drought stress. The 13th Iranian Conference on Plant Breeding and the 3th Iranian Seed Science and Technology Conference, the Iranian Association of Agronomy and Plant Breeding. (In Farsi)

Roy, S., Arunachalam, K., Kumar Dutta, B., & Arunachalam, A. 2010. Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crop sviz.Zeamays, Phaseolus vulgaris and Abelmoschus esculentus. Applied Soil Ecology. 7: 39-46.

Rostami, F., Gholami Sefidkouhi, M., Shahnazari, A., & Akbarpour. A.2016. Effect of A200 Super dependent on drought stress conditions on some parameters phytochemicals of capsicum frutescence and water productivity. Iranian Journal of Water Research, 20: 107-114. (In Farsi)

Seyed Dorraji, S., Golchin, A., & Ahmadi, S. H. 2010. The effects of different levels of a superabsorbent polymer and soil salinity on water holding capacity with three textures of sandy, loamy and clay. Journal of Water and Soil, 24(2): 306-316. (In Farsi)

Yaghtin, E., Ardalan, M., Shorafa, M., & Alikhani, H. 2009. Effects of municipal waste compost and vermicompost on growth and nutrients uptake of corn. Journal of Soil and Water Knowledge, 19(2): 36-43. (In Farsi)