

## اثر رژیم‌های آبیاری و کاربرد بقایای جو، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب بر راندمان مصرف آب و عملکرد علوفه ذرت و سورگوم در کشت دوگانه در شرایط حداقل خاک‌ورزی

### Effects of Irrigation Regimes and the Use of Barley Residue, Zeolite and Superabsorbent Polymer on Forage Yield and Water Use Efficiency of Maize and Sorghum in Double Cropping System under Minimum Tillage

حمید نجفی نژاد<sup>۱</sup>، زین‌العابدین طهماسبی سروسستانی<sup>۲</sup>، سیدعلی محمد مدرس ثانوی<sup>۳</sup>  
و هرمزد نقوی<sup>۴</sup>

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق دکتری، دانشیار و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۴- استادیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۲

#### چکیده

نجفی نژاد، ح.، طهماسبی سروسستانی، ز.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و نقوی، ۱۳۹۳.۵. اثر رژیم‌های آبیاری و کاربرد بقایای جو، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب بر راندمان مصرف آب و عملکرد علوفه ذرت و سورگوم در کشت دوگانه در شرایط حداقل خاک‌ورزی. *مجله به‌زراعی نهال و بذر* ۲-۳۰ (۳): ۳۴۹-۳۲۷.

به منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کاربرد بقایای جو، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد علوفه و راندمان مصرف آب ذرت و سورگوم در کشت دوگانه و در شرایط حداقل خاک‌ورزی، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلینت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال (۱۳۹۲-۱۳۹۱) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جوپار کرمان انجام شد. رژیم آبیاری در دو سطح شامل تیمار آبیاری نرمال (آبیاری بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از طشت تبخیر کلاس A) و تنش رطوبتی (آبیاری بر اساس ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از طشت تبخیر کلاس A) و تیمارهای نوع گیاه شامل ذرت و سورگوم به صورت فاکتوریل و به عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شدند. تیمارهای ترکیبی بقایای جو، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب در ۵ سطح به عنوان عامل فرعی به شرح زیر بودند: ۱- ۴/۵ تن بقایا + ۱۰ تن زئولیت در هکتار (ZR) ۲- ۴/۵ تن بقایا + ۶۰ کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب در هکتار (SR) ۳- ۴/۵ تن بقایا + ۵ تن زئولیت + ۳۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار (ZSR) ۴- ۴/۵ تن بقایا در هکتار (R) ۵- تیمار شاهد (C). بر اساس نتایج به دست آمده عملکرد علوفه تر و خشک ذرت به ترتیب ۶۲/۱۷ و ۱۴/۰۳ تن در هکتار بود، در حالی که عملکرد علوفه تر و خشک برای سورگوم در چین اول به ترتیب ۴۷/۶ و ۹/۲۹ تن در هکتار و در مجموع دو چین ۶۶/۶۲ و ۱۳/۲۲ تن در هکتار بود. در هر دو گیاه تحت تنش خشکی، راندمان مصرف آب و عملکرد علوفه به ترتیب افزایش و کاهش نشان داد. راندمان مصرف آب برای علوفه تر و خشک ذرت به ترتیب ۶/۳۱ و ۱/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب و برای سورگوم ۵/۰۶ و ۱/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب به دست آمد. کاربرد ۱۰ تن زئولیت به همراه ۴/۵ تن در هکتار بقایای جو، در سورگوم با تولید ۷۲/۰۷ تن در هکتار علوفه تر (مجموع دو چین) و راندمان مصرف آب ۵/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب و در ذرت با تولید ۶۶/۹ تن در هکتار علوفه تر و راندمان مصرف آب ۶/۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب بیشترین مقدار را داشت. تنش رطوبتی درصد پروتئین خام علوفه را افزایش و کاربرد زئولیت درصد پروتئین خام را کاهش داد. بر اساس نتایج این بررسی برای کشت دوگانه در منطقه معتدل جوپار کرمان در آخر فصل بهار و اول فصل تابستان، کشت ذرت در شرایط حداقل خاک‌ورزی همراه با کاربرد ۱۰ تن زئولیت و ۴/۵ تن در هکتار بقایای جو توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، سورگوم، عملکرد، علوفه، پروتئین خام، تنش خشکی.

## مقدمه

کمبود تولید علوفه در ایران ایجاب می‌کند که در سیستم کشت دو گانه بعد از برداشت گیاهان زمستانه عمدتاً گیاهان علوفه‌ای با عملکرد بالا که از فصل رشد کوتاهی نیز برخوردار باشند، کشت شوند. از طرفی در این شرایط به دلیل کوتاه بودن فصل رشد، صرفه جویی در وقت، هزینه‌ها و کاهش فرسایش خاک و در راستای کشاورزی پایدار ضرورت دارد از روش‌های بدون خاک‌ورزی و یا حداقل خاک‌ورزی استفاده شود (Najafinezhad *et al.*, 2005). خشکسالی‌های پی‌درپی و کمبود آب به خصوص در فصل تابستان، مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در ایران است. از این رو مدیریت مناسب رطوبت خاک و کاربرد تکنیک‌های توسعه یافته برای حفظ و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک بسیار با اهمیت می‌باشد. افزودن مواد اصلاحی به خاک برای افزایش کارایی مصرف آب و بهبود خواص فیزیکی خاک یکی از راه‌های مقابله با کمبود آب به شمار می‌رود. در این راستا تاثیر استفاده از بقایای گیاهی، پلیمر سوپر جاذب و ژئولیت برای کاهش تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاه در تحقیقات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. در مناطق خشک بیش از ۵۰٪ از کل تبخیر و تعرق گیاه مربوط به تبخیر رطوبت از سطح خاک است (Unger and Stewart, 1983). عدم خاک‌ورزی و حفظ بقایا در سطح خاک از طریق نفوذ و ذخیره آب در خاک با افزایش عملکرد منجر به بهبود راندمان مصرف آب می‌شود (Guzha, 2004). نتایج حاصل از تحقیقات

ویلهلم و همکاران (Wilhelm *et al.*, 1986)، نشان داد که برداشت هر تن از بقایای گیاهی منجر به کاهش حدود ۰/۱ تن در هکتار در عملکرد دانه ذرت و ۰/۳ تن در هکتار در عملکرد کلش می‌شود.

ژئولیت‌ها توانایی جذب و نگهداری طولانی مدت آب برای دوره‌های خشکی را داشته و به راحتی در شرایط تنش آب جذب شده را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Mumpton, 1999). همچنین ژئولیت می‌تواند غلظت عناصر غذایی و راندمان استفاده از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بافت گیاه را به طور معنی‌داری افزایش دهد (Ahmad *et al.*, 2010). فالكون و همکاران (Falkon *et al.*, 2009) گزارش کردند که تنش رطوبتی در خاکی با مقدار کم ژئولیت ۵۴٪ کاهش عملکرد داشت در حالی که در همان خاک با مصرف مقدار کافی ژئولیت تنها ۱۶٪ کاهش عملکرد در شرایط تنش رطوبتی به دست آمد. ناصری و همکاران (Naseri *et al.*, 2012)، تاثیر مقادیر صفر، ۶ و ۱۲ تن ژئولیت در هکتار را در سورگوم دانه‌ای در شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی مورد بررسی قرار دادند، که بر اساس نتایج مذکور حداکثر عملکرد دانه ۴۲۸۷/۶ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری نرمال همراه با کاربرد ۱۲ تن ژئولیت به دست آمد. در بررسی فوق با افزایش تنش رطوبتی درصد پروتئین دانه افزایش یافت و حداکثر پروتئین دانه مربوط به تیمار تنش رطوبتی بدون کاربرد ژئولیت بود. دسته دیگری از مواد افزودنی به خاک پلیمرهای سوپر جاذب هستند که استفاده از آن‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک

جهان به منظور کاهش مصرف آب و کود در گیاهان علوفه ای مورد توجه قرار گرفته است. جانسون (Johnson, 1984) گزارش کرد که با کاربرد سوپر جاذب در یک خاک شنی سبک ۱۷۱ تا ۴۰۲ درصد ظرفیت نگهداری آب خاک افزایش می‌یابد. وقتی که سوپر جاذب‌ها با خاک مخلوط شوند، آب و عناصر غذایی زیادی را جذب کرده و به تدریج به اندازه نیاز گیاه آزاد می‌کنند، لذا رشد گیاه با مقدار محدود آب بهبود خواهد یافت (Islam et al., 2011b). در مطالعه‌ای کاربرد ۴۰ کیلو گرم سوپر جاذب در هکتار ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، عملکرد و زیست توده کل ذرت را افزایش داد (Islam et al., 2011a).

در اغلب مناطق استان کرمان بعد از برداشت گندم و جو کشت غالب ذرت دانه‌ای و یا علوفه‌ای است، اما به دلیل خشکسالی‌های ده سال اخیر و تشدید کم آبی در استان کرمان، به نظر می‌رسد سورگوم به دلیل مقاومت به خشکی و نیاز آبی کمتر نسبت به ذرت شاید گزینه بهتری برای تامین علوفه در شرایط کشت دوم باشد. لذا با توجه به نبود اطلاعات علمی در این زمینه و همچنین در خصوص استفاده توأم از بقایای گیاهی، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب در تنش خشکی، هدف از این تحقیق بررسی عملکرد و راندمان مصرف آب علوفه ذرت و سورگوم در دو رژیم آبیاری و کاربرد بقایا، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب در شرایط بدون خاک‌ورزی بود.

#### مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی (۱۳۹۱-۱۳۹۲) در

ایستگاه تحقیقاتی جویبار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان با مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۷۴۹ متری از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل اسپلٹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در شرایط حداقل خاک‌ورزی انجام شد. رژیم آبیاری در دو سطح شامل تیمار آبیاری نرمال (آبیاری بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از طشت تبخیر کلاس A) و تنش رطوبتی (آبیاری بر اساس ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از طشت تبخیر کلاس A) و تیمارهای نوع گیاه در دو سطح شامل ذرت و سورگوم به صورت فاکتوریل به عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شد. تیمارهای ترکیبی بقایای جو، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب در پنج سطح به عنوان عامل فرعی به شرح زیر بودند: ۱- ۴/۵ تن بقایای جو + ۱۰ تن زئولیت در هکتار (ZR) - ۲ - ۴/۵ تن بقایای جو + ۶۰ کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب در هکتار (SR) - ۳ - ۴/۵ تن بقایای جو + ۵ تن زئولیت + ۳۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار (ZSR) - ۴ - ۴/۵ تن بقایای جو در هکتار (R) - ۵ - تیمار شاهد عدم کاربرد بقایای جو، زئولیت و سوپر جاذب (C). در این تحقیق، رقم سینگل کراس ۷۰۴ ذرت و رقم پگاه سورگوم مورد استفاده قرار گرفتند. تاریخ کاشت آزمایش در سال اول ۱۱ خرداد و در سال دوم ۱۲ خرداد بود. پلیمر سوپر جاذب مورد استفاده از نوع A200 ساخت شرکت نانوآب تحت لیسانس پژوهشکده شیمی و پلیمر ایران و زئولیت مورد استفاده تولید شرکت افرازند بود.

این تحقیق طی دو سال در شرایط حداقل

(Fotuhi et al., 2008):

$$I_n = (\theta_{fc} - \theta_i) \times d, I_g = I_n / e, V = I_g \times A$$

که در آن  $\theta_{fc}$ : رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی،  $\theta_i$ : رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری،  $d$ : عمق توسعه ریشه (میلی‌متر)،  $I_n$ : عمق خالص آب آبیاری (میلی‌متر)،  $e$ : راندمان آبیاری،  $I_g$ : عمق ناخالص آب آبیاری (میلی‌متر)،  $A$ : مساحت کرت (مترمربع)،  $V$ : حجم آب مورد نیاز کرت (لیتر) بود. پس از محاسبه حجم آب مورد نیاز هر کرت، با استفاده از کنتور حجمی ۲ اینچی تحت فشار که در مدخل ورود آب به کرت روی لوله‌های پلی‌اتیلنی سه اینچی نصب شده بود آب وارد کرت محاسبه می‌شد. حدود ۸۶ روز پس از کاشت که میانگین ارتفاع بوته‌های سورگوم ۲۰۵ سانتی‌متر بود، پس از حذف حاشیه‌ها سطحی معادل ۷ مترمربع در هر کرت برداشت و پس از توزین، عملکرد تر چین اول محاسبه شد. چین دوم سورگوم ۷۲ روز پس از برداشت چین اول در مرحله‌ای که میانگین ارتفاع بوته‌ها ۱۲۰ سانتی‌متر بود برداشت شد.

برای ذرت علوفه‌ای، ۹۰ روز پس از کاشت که مصادف بود با مرحله خمیری دانه سطحی معادل ۷ مترمربع برداشت شد و پس از توزین، عملکرد تر بر مبنای تن در هکتار محاسبه شد. برای تعیین درصد رطوبت و درصد ماده خشک علوفه در زمان برداشت، پنج بوته تصادفی از هر کرت بلافاصله با دقت ۰/۱ گرم توزین شد و پس از دوهفته خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از توزین با استفاده از فرمول‌های زیر درصد ماده خشک و درصد

خاک‌ورزی روی بستر محصول قبل (جو) که به صورت دو ردیف در طرفین فاروهای ۷۰ سانتی‌متری کشت شده بود انجام شد. هر کرت فرعی دارای چهار خط به فاصله ۷۰ سانتی‌متر از یک‌دیگر و به طول ۹ متر بود. پلیمر سوپرجاذب و زئولیت مورد نیاز برای هر تیمار در کف شیاری به عمق ۱۸ سانتی‌متر که در وسط هر فارو ایجاد شده بود، پس از پخش یکنواخت با خاک پوشانده شد. مقدار کود شیمیایی در سال اول ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن به صورت کود اوره، ۴۰ کیلوگرم  $P_2O_5$  به صورت سوپرفسفات تریپل و ۵۵ کیلوگرم  $K_2O$  در هکتار به صورت سولفات پتاسیم و در سال دوم ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم  $P_2O_5$  و ۳۰ کیلوگرم  $K_2O$  در هکتار بود. قبل از کاشت از علف کش گراماکسون به نسبت ۴ لیتر در هکتار برای کنترل علف‌های هرز استفاده شد. ذرت با تراکم ۱۰۲۰۴۰ بوته در هکتار (فواصل ۱۴×۷۰ سانتی‌متر) و سورگوم با تراکم ۱۷۸۵۷۰ بوته در هکتار (فواصل ۸×۷۰ سانتی‌متر) کشت شد. تنش رطوبتی، ۱۷ روز پس از کاشت (مرحله ۳-۴ برگگی سورگوم و ۴-۵ برگگی ذرت) اعمال شد و برای تعیین زمان آبیاری از قرائت روزانه تبخیر از طشت تبخیر کلاس A استفاده شد. اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک در عمق نفوذ ریشه و در زمان آبیاری با استفاده از دستگاه (Time - Domain Reflectometry) T.D.R مدل Trime-FM انجام شد. میزان آب مورد نیاز هر کرت در هر مرحله آبیاری بر اساس کسر رطوبت موجود خاک از ظرفیت زراعی در عمق نفوذ ریشه و بر اساس معادلات زیر محاسبه شد

محاسبه شد (Hunt, 1990):

$$CGR = (TDM_2 - TDM_1) / (T_2 - T_1) \times (1/GA)$$

که در آن CGR: سرعت رشد محصول بر حسب گرم در مترمربع در روز، TDM: ماده خشک تولید شده در هر مرحله از رشد گیاه بر حسب گرم در متر مربع،  $T_2 - T_1$ : زمان بین دو نمونه برداری بر حسب روز و GA: سطح زمین بر حسب مترمربع بود.

برای اندازه‌گیری محتوی رطوبتی خاک قبل از آبیاری از عمق ۳۰-۴۰ سانتی‌متری خاک نمونه برداری انجام شد. پس از توزین نمونه‌های خاک مرطوب با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم، با قرار دادن نمونه‌ها در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین خاک خشک با استفاده از رابطه زیر درصد رطوبت خاک محاسبه شد (Fotuhi *et al.*, 2007).

$$\text{درصد رطوبت خاک} = \frac{\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک مرطوب}}{\text{وزن خاک خشک}} \times 100$$

### عملکرد تر و خشک علوفه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب دو سال برای عملکرد علوفه در جدول ۲ آورده شده است. براساس نتایج به دست آمده عملکرد علوفه تر و خشک ذرت به ترتیب ۶۲/۱۷ و ۱۴/۰۳ تن در هکتار بود، در حالی که عملکرد علوفه تر و خشک برای سورگوم در چین اول به ترتیب ۴۷/۶ و ۹/۲۹ تن در هکتار و در مجموع دو چین ۶۶/۶۲ و ۱۳/۲۲ تن در هکتار بود (جدول ۳). ذرت از نظر علوفه تر به میزان ۱۴/۵۶ تن در هکتار و علوفه

رطوبت علوفه محاسبه شد (Anonymous, 1990).

$$DM\% = (DW_2/DW_1) \times 100$$

$$\text{Moisture}\% = [(DW_1 - DW_2/DW_1) \times 100]$$

در این فرمول‌ها درصد ماده خشک: DM%، وزن تر نمونه:  $DW_1$ ، وزن خشک نمونه:  $DW_2$ ، درصد رطوبت بر اساس وزن تر: Moisture%

راندمان مصرف آب برای علوفه از تقسیم میزان علوفه تولید شده در هر کرت بر میزان آب مصرف شده در هر کرت بر اساس کیلوگرم علوفه بر مترمکعب آب مصرفی به دست آمد. نیتروژن کل علوفه با استفاده از روش کجدال اندازه‌گیری شد و میزان پروتئین خام (CP) از ضرب کردن مقدار نیتروژن کل در ۶/۲۵ به دست آمد (Anonymous, 1990). برای بررسی روند رشد گیاه در طول فصل هر ۱۴ روز یک بار از هر کرت نمونه برداری انجام شد و پس از تعیین وزن خشک نمونه‌ها، سرعت رشد محصول (CGR) از رابطه زیر

نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS.9.2 مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و نتایج تجزیه زئولیت و پلیمر سوپر جاذب در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۰-۳۰ سانتی متر)، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب  
 Table 1. Results of physico-chemical properties of soil (0-30 cm depth), zeolite and superabsorbent polymer

Characteristics	ویژگی‌ها	Year سال		Zeolite	زئولیت	Superabsorbent polymer		سوپرجاذب (A200)
		2012	2013					
Soil texture	بافت خاک	S.L	S.L	SiO <sub>2</sub> (%)	68.00	Appearance	شکل و رنگ	White granule
F.C (%)	رطوبت ظرفیت مزرعه	19.2	19.2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	11.50	Particle size(mm)	اندازه	1-5
P.W.P (%)	رطوبت نقطه پژمردگی دائم	7.8	7.8	Zn (mgkg <sup>-1</sup> )	0.46	Moisture content (%)	محتوی رطوبت	2-3
B.D (gcm <sup>-3</sup> )	وزن مخصوص ظاهری	1.4	1.4	Cu (mgkg <sup>-1</sup> )	0.45	Density(gcm <sup>-3</sup> )	تراکم	1.3-1.5
O.C (%)	کربن آلی	0.4	0.5	Mn (mgkg <sup>-1</sup> )	1.64	pH	اسیدیته	6-7
P (mgkg <sup>-1</sup> )	فسفر	8.0	9.7	Fe (mgkg <sup>-1</sup> )	1.15	Absorbency in %9 NaCl (g/g)	جذب آب در محلول کلرید سدیم ۹٪	45
K (mgkg <sup>-1</sup> )	پتاسیم	208.0	224.0	Cd (mgkg <sup>-1</sup> )	0.03	Absorbency in distilled water(g/g)	میزان جذب آب مقطر	220
pH	اسیدیته گل اشباع	7.9	7.9	P (mgkg <sup>-1</sup> )	16.00	Stability in soil(year)	زمان دوام در خاک (سال)	7
EC (ds/m)	هدایت الکتریکی	1.2	1.3	K (mg/kg)	7400.00			
				C.E.C ( meq/100g)	260.00			

F.C: Field Capacity, P.W.P: Permanent Wilting Point, BD: Bulk Density, O.C: Organic Carbon, S.L: Sandy loam, EC: Electrical Conductivity

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی، نوع گیاه و تیمارهای ترکیبی بقایای جو، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 2. Combined analysis of variance for traits as affected by different irrigation regimes, plant species and combination treatments of barely residue, zeolite and superabsorbent polymer in 2012 and 2013

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	عملکرد علوفه تر چین اول FFYF	عملکرد علوفه تر کل TFFY	عملکرد علوفه خشک چین اول DFYF	عملکرد علوفه خشک کل TDFY	راندمان مصرف آب علوفه تر کل WUE for TFFY	راندمان مصرف آب علوفه تر چین اول WUE for FFYF	راندمان مصرف آب علوفه خشک کل WUE for TDFY	راندمان مصرف آب علوفه خشک چین اول WUE for DFYF
Year (Y)	سال	1	133391885	188094537	5849392.6	18402909.3	0.15313	0.68784	0.00691	0.00497
Replication (Y)	تکرار در سال	4	416964591	572165916	18419774.7	24326649.0	4.97239	4.86258	0.21982	0.20790
Irrigation regime (I)	رژیم آبیاری	1	4556148738**	5517042617**	200731961.7**	227111390.1*	26.85117**	30.670**	1.18629**	1.45404**
Y × I	سال × رژیم آبیاری	1	92112408	102324519	4034585.1	2285252.0	12.44319**	13.17526**	0.54727**	0.5362**
Plant (P)	نوع گیاه	1	5963335035**	734875756*	262760896.0	28488202.0*	14.11207**	45.980**	0.62078**	2.109**
I × P	رژیم آبیاری × نوع گیاه	1	102498344	485667260*	4491089.4	19829121.6*	5.12849*	1.97820	0.23479*	0.06410
Y × P	سال × نوع گیاه	1	15798230	3274229	708187.0	1060428.3	2.88079	4.55965	0.12775	0.11888
Y × I × P	سال × رژیم آبیاری × نوع گیاه	1	47775186	40882242	2126823.4	3823143.0	0.43731	0.31249	0.01956	0.02171
R × I × P (Y)	تکرار × رژیم آبیاری × نوع گیاه در سال	12	100722299	93175253	4447843.3	4155343.4	1.02610	0.79501	0.04539	0.03573
Crop residue, Zeolite and Super absorbent (RZS)	بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	679369939**	808020397**	29961749.5**	35424909.5**	8.23887**	6.7658**	0.36335**	0.297766**
Y × RZS	سال × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	18526718	13000058	821596.1	511778.2	0.32622	0.32189	0.01445	0.01345
I × RZS	رژیم آبیاری × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	3412061	4943209	154647.6	333494.7	0.40427	0.42704	0.01789	0.02123
Y × I × RZS	سال × رژیم آبیاری × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	21367856	26272302	946892.4	1386409.7	0.23767	0.21547	0.01056	0.01095
P × RZS	نوع گیاه × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	84669773*	21964272	3869805.6*	869160.5	0.42824	0.84093*	0.01869	0.04298*
Y × P × RZS	سال × نوع گیاه × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	21366512	52735053	1109182.8	2493496.2	0.44303	0.41864	0.01941	0.01038
I × P × RZS	رژیم آبیاری × نوع گیاه × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	20635066	21785880	910752.3	845507.1	0.25022	0.24247	0.01101	0.00937
Y × I × P × RZS	سال × رژیم آبیاری × نوع گیاه × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	11641256	14136073	512265.7	816534.7	0.17634	0.17541	0.00774	0.00883
Error	خطا	64	32890357	34218201	1452021.8	1486878.7	0.4291	0.3333	0.01895	0.01456
C.V. %	درصد ضریب تغییرات	-	10.32	8.98	10.321	8.94	10.88	10.05	10.89	10.32

\* and \*\*: Significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

FFYF: Fresh forage yield in first cut; TFFY: Total fresh forage yield; DFYF: Dry forage yield in first cut; TDFY: Total dry forage yield; WUE: Water use efficiency.

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪.

جدول ۳- میانگین دو ساله عملکرد علوفه و راندمان آب تحت تاثیر رژیم‌های آبیاری و نوع گیاه

Table 3. Two years mean of forage yield and water use efficiency as affected by different levels of irrigation regime and plant species

تیمارها	عملکرد علوفه	عملکرد	عملکرد علوفه	عملکرد علوفه	راندمان مصرف	راندمان مصرف	راندمان مصرف	راندمان مصرف
Treatments	تر چین اول	علوفه تر کل	خشک چین اول	خشک کل	آب علوفه تر کل	آب علوفه تر چین اول	آب علوفه خشک کل	آب علوفه خشک چین اول
	FFYF (kgha <sup>-1</sup> )	TFFY (kgha <sup>-1</sup> )	DFYF (kgha <sup>-1</sup> )	TDFY (kgha <sup>-1</sup> )	WUE for TFFY (kgm <sup>-3</sup> )	WUE for FFYF (kgm <sup>-3</sup> )	WUE for TDFY (kgm <sup>-3</sup> )	WUE for DFYF (kgm <sup>-3</sup> )
<b>Irrigation regime</b>	<b>رژیم آبیاری</b>							
70 mm	60868a	71006a	12783.0a	14831.2a	5.1822b	5.467b	1.087b	1.135b
140 mm	48912b	57787b	10546.6b	12428.0b	6.1943a	6.429a	1.340a	1.378a
LSD 5%	4056.4	4062.5	899.8	884.2	0.3697	0.439	0.079	0.087
<b>Plant species</b>	<b>نوع گیاه</b>							
Maize ذرت	62172a	62172b	14034.9a	14034.9a	6.314a	6.314a	1.4257a	1.4257a
Sorghum سورگوم	47608b	66621a	9294.7b	13224.4a	5.061b	5.582b	1.0019b	1.0885b
LSD 5%	4056.4	4062.5	899.8	884.2	0.3697	0.4399	0.0792	0.0877

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means with the same letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability.

FFYF: Fresh forage yield in first cut; TFFY: Total fresh forage yield; DFYF: Dry forage yield in first cut; TDFY: Total dry forage yield; WUE: Water use efficiency.



۱۶/۸ درصد نسبت به شرایط آبیاری نرمال کاهش عملکرد نشان دادند (جدول ۴). سورگوم گیاهی چهار کربنه، سازگار به مناطق گرم با فصل رشد طولانی است که برای رشد مطلوب دمای ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد. همچنین کاهش دمای هوا به کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باعث می‌شود که رشد این گیاه به طور قابل توجهی کاهش یابد (Downes, 1972).

خشک ۴/۷۴ تن در هکتار نسبت به علوفه چین اول سورگوم برتری داشت. سورگوم در مجموع دو چین، ۴/۴۵ تن در هکتار علوفه تر بیشتری نسبت به ذرت تولید کرد، ولی ذرت به میزان ۰/۸۱ تن در هکتار علوفه خشک بیشتری نسبت به سورگوم داشت که البته این تفاوت معنی‌دار نبود. در شرایط تنش، علوفه خشک ذرت ۱۵/۷ درصد و سورگوم (مجموع دو چین)

جدول ۴- میانگین دو ساله عملکرد علوفه و راندمان مصرف آب تحت تاثیر بر همکنش رژیم آبیاری و نوع گیاه  
Table 4. Two years mean of forage yield and water use efficiency as affected by interaction of irrigation regime and plant species

تیمارها	عملکرد علوفه تر چین اول	عملکرد علوفه تر کل	عملکرد علوفه خشک چین اول	عملکرد علوفه خشک کل	راندمان مصرف آب علوفه تر کل	راندمان مصرف آب علوفه تر چین اول	راندمان مصرف آب علوفه خشک کل	راندمان مصرف آب علوفه خشک چین اول
Treatments	FFYF (kgha <sup>-1</sup> )	TFFY (kgha <sup>-1</sup> )	DFYF (kgha <sup>-1</sup> )	TDFY (kgha <sup>-1</sup> )	WUE for TFFY (kgm <sup>-3</sup> )	WUE for FFYF (kgm <sup>-3</sup> )	WUE for TDFY (kgm <sup>-3</sup> )	WUE for DFYF (kgm <sup>-3</sup> )
<b>Maize ذرت</b>								
70 mm	67543a	67543b	15227.7a	15227.7a	5.70b	5.7bc	1.285b	1.285b
140 mm	56801b	56801c	12842.1b	12842.1b	6.92a	6.92a	1.565a	1.565a
<b>Sorghum سورگوم</b>								
70 mm	54193b	74470a	10338.3c	14434.8a	4.66c	5.23c	0.889d	0.985c
140 mm	41022c	58772c	8251.1d	12014.0b	5.45b	5.92b	1.114c	1.191b
LSD 5%	5736.5	5745.3	1272.5	1250.5	0.5229	0.6221	0.1119	0.124

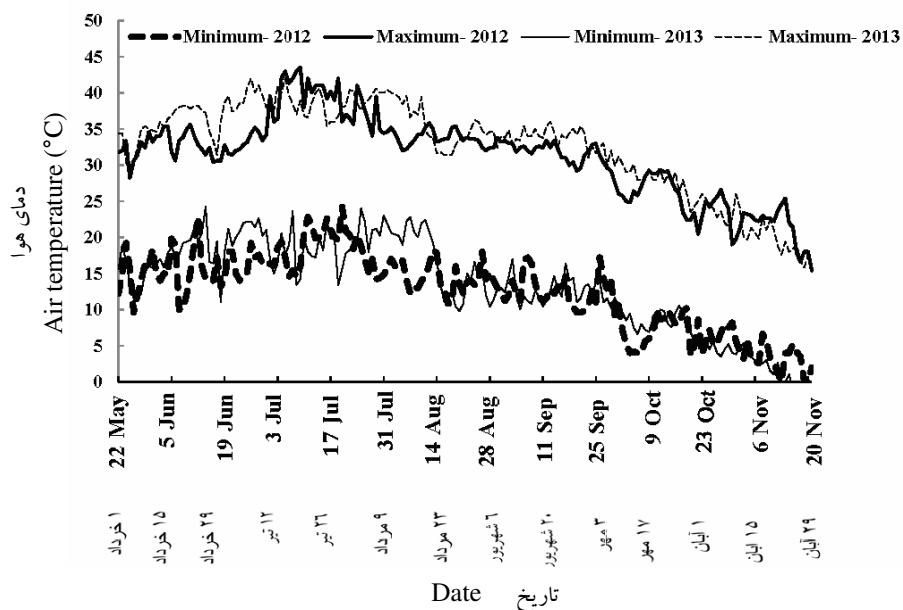
میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means with the same letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability.

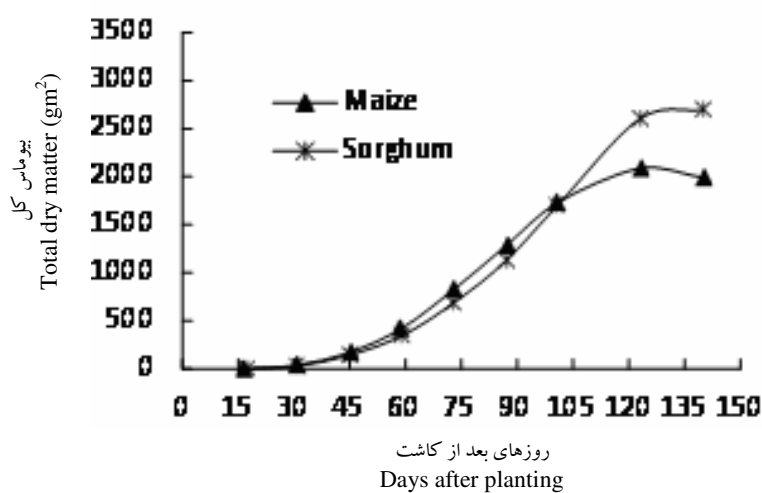
FFYF: Fresh forage yield in first cut; TFFY: Total fresh forage yield; DFYF: Dry forage yield in first cut; TDFY: Total dry forage yield; WUE: Water use efficiency.

توجهی نسبت به چین اول کاهش نشان داد، به طوری که سورگوم نتوانست برتری معنی‌داری نسبت به ذرت داشته باشد. با توجه به فاصله اندک زمان برداشت چین اول سورگوم با ذرت، برتری عملکرد ذرت نسبت به سورگوم (چین اول) را می‌توان به سرعت رشد و تولید ماده خشک بیشتر ذرت در واحد سطح مربوط دانست (شکل‌های ۲ و ۳). با توجه به نمودارهای فوق

در شکل ۱ روند تغییرات دما در طی فصل رشد گیاه نشان داده شده است. با توجه به شکل مذکور کاهش دما از ۱۰ شهریور تا ۱۵ آبان (محدوده زمانی رشد سورگوم برای چین دوم) کاهش محسوسی داشته، به طوری که در آبان دمای حداکثر روزانه به کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد رسیده بود. لذا با توجه به سرد شدن هوا و کاهش سرعت رشد سورگوم، برداشت علوفه چین دوم به مقدار قابل



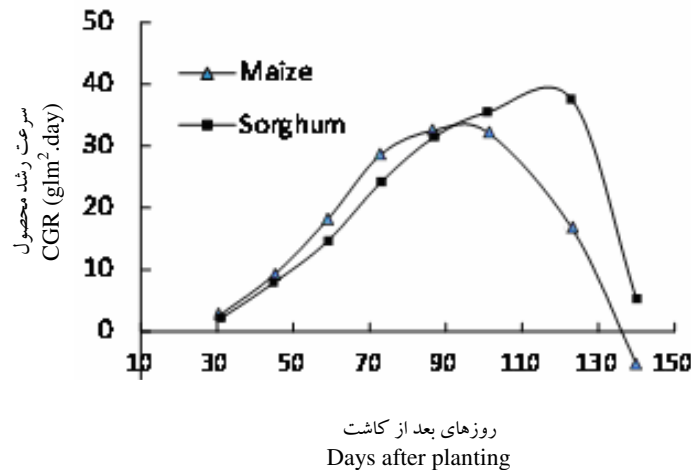
شکل ۱- تغییرات دمای شبانه روز از یکم خرداد لغایت سی‌ام آبان در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲  
 Fig. 5. Daily air temperature from 22 May to 20 November in 2012 and 2013



شکل ۲- تغییرات تجمع ماده خشک در ذرت و سورگوم در طول فصل رشد  
 Fig. 2. Changes in dry matter accumulation in maize and sorghum during the growing season

خالص رو و همکاران (Khalero *et al.*, 2010)، که برتری عملکرد علوفه خشک ذرت نسبت به سورگوم را گزارش کرده‌اند مطابقت دارد. عملکرد علوفه تر و خشک تحت تاثیر رژیم آبیاری معنی‌دار بود، به طوری که عملکرد تر و خشک کل در تیمار

ملاحظه می‌شود که ذرت از ابتدای فصل تا زمان برداشت علوفه (۹۰ روز پس از کاشت) علی‌رغم تراکم کاشت کمتر از سرعت رشد (CGR) و تولید ماده خشک (TDM) بیشتری نسبت به سورگوم برخوردار بوده است. نتیجه این بررسی با یافته‌های



شکل ۳- تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) ذرت و سورگوم در طول فصل رشد

Fig. 3. Changes in crop growth rate (CGR) of maize and sorghum during the growing season

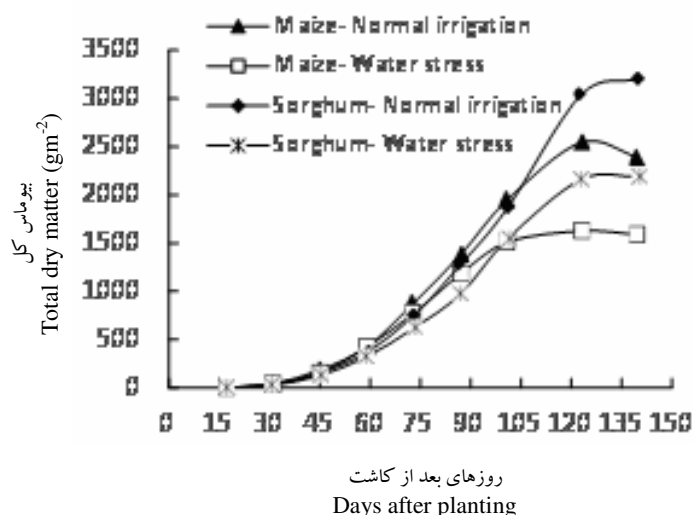
خشکی بیان شده است (Tanguillig *et al.*, 1987؛ Kamara *et al.*, 2003).

تاثیر تیمارهای ترکیبی بقایا، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد تر و خشک علوفه ذرت و سورگوم معنی‌دار بود (جدول ۲). در ذرت تیمار شاهد کمترین عملکرد تر علوفه را داشت، در حالی که بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نبود. در این گیاه از نظر عملکرد علوفه خشک تیمارها به سه گروه تقسیم شدند، تیمار کاربرد ۱۰ تن زئولیت به همراه ۴/۵ تن در هکتار بقایای جو بیشترین، تیمار شاهد کمترین و سایر تیمارها عملکرد متوسطی را دارا بودند (جدول ۵).

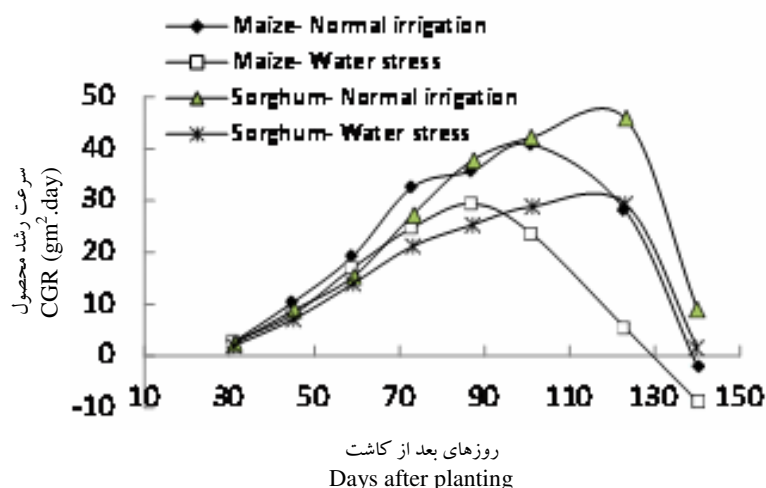
در گیاه سورگوم بیشترین عملکرد تر و خشک علوفه در چین اول با کاربرد ۱۰ تن زئولیت به همراه ۴/۵ تن در هکتار بقایای جو به دست آمد و بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نبود، اگرچه تیمار شاهد کمترین عملکرد تر و خشک را دارا داشت. بیشترین عملکرد کل تر و خشک علوفه در سورگوم

آبیاری نرمال به ترتیب ۱۸/۶۱ درصد و ۱۶/۲ درصد نسبت به تیمار تنش بیشتر بود (جدول ۳). بررسی برهمکنش رژیم آبیاری در نوع گیاه بر عملکرد تر و خشک علوفه بیانگر روند مشابه تغییر عملکرد دو گیاه در عکس‌العمل به رژیم‌های آبیاری است (جدول ۴). کاهش رطوبت خاک منجر به طیف وسیعی از تغییرات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه می‌شود، در این شرایط کاهش انتقال هورمون سیتوکینین از ریشه به اندام هوایی و افزایش مقدار آبسزیک اسید در اندام هوایی منجر به تغییر تعادل هورمونی، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و نهایتاً کاهش بیوماس گیاه می‌شود (Levitt, 1980).

در این بررسی کاهش عملکرد علوفه تحت تنش خشکی را می‌توان به کاهش تجمع ماده خشک و سرعت رشد گیاه (شکل‌های ۴ و ۵) و رطوبت کمتر خاک در شرایط تنش کم آبی مربوط دانست. در مطالعات دیگران نیز کاهش تولید ماده خشک و عملکرد علوفه ذرت و سورگوم در تنش



شکل ۴- تغییرات تجمع ماده خشک در ذرت و سورگوم در رژیم‌های مختلف آبیاری در طول فصل رشد  
 Fig. 4. Changes in dry matter accumulation in maize and sorghum during the growing season under different irrigation regimes



شکل ۵- تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در ذرت و سورگوم در رژیم‌های مختلف آبیاری در طول فصل رشد

Fig. 5. Changes in crop growth rate (CGR) of maize and sorghum during the growing season under different irrigation regimes

می‌توان به نقش مثبت بقایا و زئولیت و بی‌تاثیری مقدار سوپرچاذب مصرف شده در افزایش عملکرد علوفه پی برد. افزایش عملکرد محصولات به واسطه حفظ بقایا در سطح خاک عمدتاً به دلیل نقش بقایا در تعدیل دمای خاک، حفظ رطوبت خاک،

(مجموع عملکرد دو چین) با کاربرد ۱۰ تن زئولیت به همراه ۴/۵ تن در هکتار بقایای جو و کمترین آن در تیمار شاهد به دست آمد و سایر تیمارها با قرار گرفتن در یک گروه عملکرد متوسطی را دارا بودند (جدول ۵). با توجه به نتایج به دست آمده

جدول ۵- میانگین دو ساله عملکرد و راندمان مصرف آب علوفه تحت تاثیر تیمارهای ترکیبی بقایا، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب در ذرت و سورگوم

Table 5. Two years mean of forage yield and water use efficiency of maize and sorghum as affected by combination treatments of barley residue, zeolite and superabsorbent polymer

نوع گیاه	ترکیبات بقایا، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب	عملکرد علوفه تر چین اول	عملکرد علوفه تر کل	عملکرد علوفه خشک چین اول	عملکرد علوفه خشک کل	راندمان مصرف آب علوفه تر کل	راندمان مصرف آب علوفه تر چین اول	راندمان مصرف آب علوفه خشک کل	راندمان مصرف آب علوفه خشک چین اول
Plant species	RZS	FFYF (kg ha <sup>-1</sup> )	TFFY (kg ha <sup>-1</sup> )	DFYF (kg ha <sup>-1</sup> )	TDFY (kg ha <sup>-1</sup> )	WUE for TFFY (kg m <sup>-3</sup> )	WUE for FFYF (kg m <sup>-3</sup> )	WUE for TDFY (kg m <sup>-3</sup> )	WUE for DFYF (kg m <sup>-3</sup> )
ذرت Maize	ZR		66908a		15145.7a	6.80a		1.540a	
	SR		64814a		14684.6ab	6.56a		1.488a	
	ZSR		63696a		14478.7ab	6.54a		1.488a	
	R		62217a		13961.6b	6.32a		1.417a	
	C		53225b		11903.8c	5.34b		1.194b	
	LSD 5%		4784.1		1158.3	0.526		0.125	
سورگوم Sorghum	ZR	52652a	72069a	10361.7a	14305.8a	5.44a	6.12a	1.077a	1.204a
	SR	45686b	65619bc	8808.4b	12958.9bc	4.99b	5.37b	0.985b	1.036b
	ZSR	47640b	67291ab	9348.6b	13400.3ab	5.09ab	5.56b	1.011ab	1.090b
	R	48147ab	66640b	9335.5b	13216.5bc	5.06ab	5.65ab	1.001ab	1.095ab
	C	43913b	6148c	8619.4b	12240.4c	4.71b	5.19b	0.933b	1.016b
	LSD 5%	4517.1	4852.4	905.8	977.45	0.396	0.55	0.08	0.111

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means with the same letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability.

RZS: تیمارهای ترکیبی بقایای جو، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب؛ ZR: ۴/۵ تن بقایا + ۱۰ تن زئولیت در هکتار؛ SR: ۴/۵ تن بقایا + ۶۰ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار؛ ZSR: ۴/۵ تن بقایا + ۵ تن زئولیت + ۳۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار؛ R: ۴/۵ تن بقایا در هکتار؛ C: تیمار شاهد.

WUE: Water use efficiency; RZS: Combination treatments of crop residue, Zeolite and Superabsorbent polymer; ZR: 10 t ha<sup>-1</sup> Zeolite + 4.5 t ha<sup>-1</sup> barely residue; SR: 60 kg ha<sup>-1</sup> Superabsorbent polymer + 4.5 t ha<sup>-1</sup> barely residue; ZSR: 5 t ha<sup>-1</sup> Zeolite + 60 kg ha<sup>-1</sup> Superabsorbent polymer + 4.5 t ha<sup>-1</sup> barely residue; R: 4.5 t ha<sup>-1</sup> barely residue; C: Control

کاهش تبخیر و تعدیل دمای خاک گزارش شده است (Zhang *et al.*, 2009). در این مطالعه افزایش عملکرد ناشی از حفظ بقایا در سطح خاک را می‌توان عمدتاً به تاثیر بقایا در حفظ رطوبت خاک مربوط دانست. افزایش عملکرد علوفه ذرت و سورگوم به واسطه کاربرد ژئولیت در مطالعات چندی گزارش شده است (Naseri *et al.*, 2012; Bernardi *et al.*, 2011). ژئولیت به دلیل توانایی جذب و نگهداری طولانی مدت آب و عناصر غذایی در خاک می‌تواند عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و ریزمغذی‌ها را در محیط ریشه گیاه نگه داشته و متناسب با نیاز گیاه آزاد کرده و در نهایت موجب بهبود رشد گیاه شود (Mumpton, 1999). در این بررسی بین تیمار کاربرد سوپرچاذب همراه با بقایا در مقایسه با کاربرد بقایا به تنهایی تفاوتی از نظر عملکرد علوفه مشاهده نشد (جدول ۵).

#### راندمان مصرف آب

راندمان مصرف آب برای علوفه تر ذرت و سورگوم (علوفه کل) به ترتیب ۶/۳۱ و ۵/۰۶ و برای علوفه خشک به ترتیب ۱/۴۲ و ۱/۰۱ محاسبه شد. راندمان مصرف آب علوفه تر و خشک ذرت در مقایسه با علوفه چین اول سورگوم نیز روندی مشابه داشت و برتری ذرت را نشان داد (جدول ۳). با توجه به میزان آب مصرفی، برتری ذرت نسبت به سورگوم (چین اول) را می‌توان به عملکرد بیشتر ذرت مربوط دانست. برتری راندمان مصرف آب علوفه ذرت نسبت به سورگوم (مجموع دو چین) را می‌توان به مصرف آب بیشتر سورگوم به دلیل طول

دوره رشد بیشتر در دو چین در مقایسه با ذرت و عدم توانایی سورگوم در تولید ماده خشک بیشتر به خصوص در چین دوم به دلیل خشک شدن هوا مربوط دانست (جدول ۳). راندمان مصرف آب برای علوفه خشک سورگوم رقم اسپیدفید در شرایط آبیاری نرمال ۱/۲۱ و در شرایط تنش ۱/۷۸ گزارش شده است (Kaykhayee *et al.*, 2010). در مطالعه فاری و فاسی (Farre and Faci, 2006) سورگوم در شرایط تنش رطوبتی متوسط و شدید راندمان مصرف آب بیشتری نسبت به ذرت داشت، در حالی که در شرایط آبیاری نرمال راندمان مصرف آب ذرت بیشتر از سورگوم بود. راندمان مصرف آب علوفه تر و خشک در تیمار تنش رطوبتی به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار آبیاری نرمال بود (جدول ۳). با توجه به نتایج می‌توان بیان نمود در شرایط تنش گیاه با مصرف یک واحد آب، ماده خشک بیشتری در مقایسه با شرایط نرمال تولید نموده است. از طرفی در شرایط تنش با بسته شدن جزئی روزنه‌ها کاهش تعرق بیش از کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن در داخل سلول تحت تاثیر قرار می‌گیرد لذا تعرق بیشتر از فتوسنتز کاهش یافته و در نتیجه راندمان مصرف آب افزایش می‌یابد (Kafee *et al.*, 1998). در گیاه ذرت افزایش راندمان مصرف آب در تنش خشکی به واسطه کاهش هدر روی آب از طریق تعرق گزارش شده است (Imam and Ranjbar, 2000). تاثیر تیمارهای ترکیبی بقایا، ژئولیت و پلیمر سوپرچاذب بر راندمان مصرف آب علوفه تر و خشک در هر دو گیاه معنی‌دار بود (جدول ۲). در

مصرف آب را افزایش داده است.

#### درصد ماده خشک

تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف تحت تأثیر سطوح مختلف تیمارهای آزمایش در جدول ۶ نشان داده شده است.

سورگوم در مقایسه با ذرت از درصد ماده خشک کمتری برخوردار بود (جدول ۷). سورگوم در زمان برداشت (۸۶ روز پس از کاشت) در مرحله رشد رویشی بوده و مواد فتوسنتزی در این مرحله عمدتاً صرف تولید برگ‌های جدید و افزایش ارتفاع بوته می‌شود، در صورتی که ذرت در زمان برداشت (۹۰ روز پس از کاشت) در مرحله میانی رشد زایشی بوده و مواد فتوسنتزی صرف تجمع و افزایش درصد ماده خشک در گیاه می‌شود (جدول ۸). بنابراین درصد ماده خشک کمتر در سورگوم را می‌توان به درصد رطوبت بیشتر، نسبت برگ به اندام هوایی بیشتر و مرحله رشد رویشی سورگوم در زمان برداشت نسبت به ذرت مربوط دانست. تاثیر تیمارهای ترکیبی بقایا، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب بر درصد ماده خشک علوفه تولیدی در ذرت و سورگوم متفاوت بود. در سورگوم تفاوتی بین تیمارهای ترکیبی بقایا، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب از نظر درصد ماده خشک علوفه به دست نیامد ولی در ذرت تیمار شاهد دارای کمترین درصد ماده خشک و تیمارهای ۵ تن زئولیت به همراه ۳۰ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب و بقایا (ZSR) و ۱۰ تن زئولیت به همراه بقایا (ZR) به ترتیب بیشترین درصد ماده خشک را دارا بودند (جدول ۹). محمودآبادی و همکاران

گیاه ذرت تیمار شاهد کمترین راندمان مصرف آب را داشت ولی بین تیمار کاربرد بقایا به تنهایی با تیمارهای بقایا با زئولیت و پلیمر سوپرجاذب (ZR، SR و ZSR) تفاوت معنی‌داری نبود و همه تیمارهای فوق در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۵). با توجه به مصرف یکسان آب در تیمارهای مورد بحث می‌توان عملکرد بیشتر تیمارهای برتر را دلیل افزایش راندمان مصرف آب آن‌ها نسبت به تیمار شاهد بیان کرد. در گیاه سورگوم تیمار کاربرد ۱۰ تن زئولیت به همراه ۴/۵ تن در هکتار بقایا بالاترین راندمان مصرف آب را برای علوفه تر و خشک داشت و سایر تیمارها با قرار گرفتن در یک گروه (گروه b) در رده پایین تری قرار داشتند. در این گیاه راندمان مصرف آب علوفه تر و خشک در تیمار شاهد علی‌رغم عدم تفاوت معنی‌دار با تیمارهای گروه b همواره کمترین مقدار را دارا بود. برخی از محققین افزایش کارایی مصرف آب در ذرت را به واسطه کاربرد زئولیت (Khashaee-Sivaki *et al.*, 2008) و کاربرد بقایا در سطح خاک (Zhang *et al.*, 2009) گزارش کرده‌اند. افزودن مواد اصلاحی به خاک مانند زئولیت ضمن افزایش و حفظ رطوبت قابل استفاده در خاک با جذب و آزادسازی عناصر غذایی باعث بهبود رشد گیاه و در نهایت افزایش راندمان مصرف آب می‌شوند (Polat *et al.*, 2004). با توجه به همبستگی مثبت بین رطوبت ذخیره شده در خاک و عملکرد علوفه خشک در این مطالعه ( $r = 0.89$ ) می‌توان بیان کرد که بقایای گیاه با افزایش عملکرد از طریق حفظ رطوبت خاک و کاهش تلفات تبخیر راندمان

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی، نوع گیاه و ترکیبات بقایای جو، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب در دو سال ۱۳۹۲ و

۱۳۹۳

Table 6. Combined analysis of variance for traits as affected by different levels of irrigation regime, plant species and combination treatments of barely residue, zeolite and superabsorbent polymer in 2012 and 2013

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	رطوبت خاک Soil moisture 4WAS	رطوبت خاک Soil moisture 8WAS	پروتئین خام Crude protein	عملکرد پروتئین Yield protein	ماده خشک Dry matter
Year (Y)	سال	1	0.85489	4.13558	0.610078	98384.428	0.000859
Replication (Y)	تکرار در سال	4	2.75220	1.79818	0.221481	87177.643	0.000355
Irrigation regime (I)	رژیم آبیاری	1	227.6571**	296.90405**	77.330914**	2965.715	0.000411
Y × I	سال × رژیم آبیاری	1	8.52044	1.93672	1.917424	59795.578	0.003236**
Plant (P)	نوع گیاه	1	12.46067	3.12655	25.686096**	335999.492**	0.158473**
I × P	رژیم آبیاری × نوع گیاه	1	0.41555	0.00664	7.434518*	7207.336	0.003570**
Y × P	سال × نوع گیاه	1	1.69191	4.05159	0.019221	99264.298	0.000993
Y × I × P	سال × رژیم آبیاری × نوع گیاه	1	0.00298	0.21616	0.326172	8932.954	0.0000082
R × I × P (Y)	تکرار × رژیم آبیاری × نوع گیاه در سال	12	3.68785	3.28997	1.382574	33602.683	0.000297
Crop residue, Zeolite and Super absorbent (RZS)	بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	5.51120**	3.94352**	2.009473*	14766.198	0.0003874*
Y × RZS	سال × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	0.48079	0.63241	0.454348	3548.606	0.0001005
I × RZS	رژیم آبیاری × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	0.92650	0.20637	0.443634	14839.129	0.0001967
Y × I × RZS	سال × رژیم آبیاری × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	1.25804	0.87643	0.507819	4459.563	0.0000849
P × RZS	نوع گیاه × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	1.4778	0.35976	1.738534*	5471.130	0.0004434*
Y × P × RZS	سال × نوع گیاه × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	0.2966	0.49967	0.271341	31889.91	0.0000982
I × P × RZS	رژیم آبیاری × نوع گیاه × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	1.12816	0.23968	0.622536	16093.167	0.0000362
Y × I × P × RZS	سال × رژیم آبیاری × نوع گیاه × بقایا، زئولیت و سوپرجاذب	4	0.97457	0.33461	0.589475	30123.834	0.0000308
Error	خطا	64	1.04269	0.51796	0.66340	12860.731	0.0001491
C.V. %	درصد ضریب تغییرات	-	12.06	7.44	11.64	14.14	5.99

\* and \*\*: Significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪.

4WAS: 4 weeks after sowing; 8WAS: 8 weeks after sowing



جدول ۷- میانگین دو ساله پروتئین خام، درصد ماده خشک علوفه و رطوبت خاک تحت تاثیر رژیم آبیاری و نوع گیاه

Table 7. Two years mean of crude protein, forage dry matter and soil moisture as affected by irrigation regime and plant species

تیمارها Treatments	پروتئین خام Crude protein (%)	عملکرد پروتئین Yield protein (Kgha <sup>-1</sup> )	ماده خشک Dry matter (%)	رطوبت خاک Soil moisture 4WAS (%)	رطوبت خاک Soil moisture 8WAS (%)
<b>Irrigation regime رژیم آبیاری</b>					
70mm	6.474 b	797.04 a	0.205 a	9.84 a	11.24 a
140mm	8.018 a	806.98 a	0.201 a	7.08 b	8.09 b
LSD 5%	0.412	72.92	0.0069	0.763	0.721
<b>Plant species نوع گیاه</b>					
Maize ذرت	6.185 b	854.92 a	0.241 a	8.78 a	9.82 a
Sorghum سورگوم	8.307 a	749.09 b	0.167 b	8.14 a	9.5 a
LSD 5%	0.412	72.92	0.0069	0.763	0.721

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means with the same letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability.

4WAS: 4 weeks after sowing; 8WAS: 8 weeks after sowing

جدول ۸- میانگین دو ساله پروتئین خام، درصد ماده خشک علوفه و رطوبت خاک تحت تاثیر برهمکنش رژیم آبیاری و نوع گیاه

Table 8. Two years mean of crude protein, forage dry matter and soil moisture as affected by interaction of irrigation regime and plant species

نوع گیاه Plant species	رژیم آبیاری Irrigation regime	پروتئین خام Crude protein (%)	عملکرد پروتئین Yield protein (kgha <sup>-1</sup> )	ماده خشک Dry matter (%)	رطوبت خاک Soil moisture 4WAS (%)	رطوبت خاک Soil moisture 8WAS (%)
ذرت Maize	70 mm	5.645c	857.70a	0.243a	10.1a	11.4a
	140 mm	6.724b	852.14a	0.236a	7.46b	8.24b
سورگوم Sorghum	70 mm	7.304b	736.37b	0.160c	9.57a	11.07a
	140 mm	9.311a	761.81ab	0.174b	6.7b	7.94b
LSD 5%		0.5837	103.12	0.0097	1.08	1.02

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means with the same letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability.

4WAS: 4 weeks after sowing; 8WAS: 8 weeks after sowing

کردند. تاثیر زئولیت در افزایش ماده خشک گیاه را می‌توان به توانایی زئولیت در جلوگیری از

(Mahmodabadi *et al.*, 2009) با کاربرد زئولیت افزایش درصد ماده خشک را در گیاه سویا گزارش

جدول ۹- میانگین دو ساله پروتئین خام، ماده خشک علوفه و رطوبت خاک تحت تاثیر تیمارهای ترکیبی بقایا، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب در ذرت و سورگوم

Table 9. Two years mean of crude protein, forage dry matter and soil moisture of maize and sorghum as affected by combination treatments of barley residue, zeolite and superabsorbent polymer

نوع گیاه	ترکیبات بقایا، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب	پروتئین خام	عملکرد پروتئین	ماده خشک	رطوبت خاک	رطوبت خاک
Plant species	RZS	Crude protein (%)	Protein yield (Kgha <sup>-1</sup> )	Dry matter (%)	Soil moisture 4WAS (%)	Soil moisture 8WAS (%)
ذرت Maize	ZR	5.761b	868.44a	0.244ab	8.60b	10.06a
	SR	6.084b	865.37a	0.241abc	8.83ab	9.78a
	ZSR	6.081b	875.25a	0.249a	9.70a	10.17a
	R	6.123b	849.36a	0.233bc	8.81ab	10.15a
	C	6.871a	796.19a	0.231c	7.97b	8.95b
	LSD 5%	0.428	88.41	0.011	0.90	0.61
سورگوم Sorghum	ZR	7.790b	777.49a	0.168a	8.58a	9.79a
	SR	8.665a	742.99a	0.163a	8.13ab	9.33ab
	ZSR	8.235ab	741.78a	0.168a	8.30a	9.67a
	R	8.312ab	760.75a	0.164a	8.27a	9.68a
	C	8.535a	722.45a	0.171a	7.40b	9.04b
	LSD 5%	0.633	99.85	0.0084	0.78	0.58

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

RZS: تیمارهای ترکیبی بقایای جو، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب، ZR: ۴/۵ تن بقایا + ۱۰ تن زئولیت در هکتار، SR: ۴/۵ تن بقایا + ۶۰ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار، ZSR: ۴/۵ تن بقایا + ۵ تن زئولیت + ۳۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار، R: ۴/۵ تن بقایا در هکتار، C: تیمار شاهد

Means with the same letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability.

WUE: Water use efficiency; RZS: Combination treatments of crop residue, Zeolite and Superabsorbent polymer; ZR: 10 t ha<sup>-1</sup> Zeolite + 4.5 t ha<sup>-1</sup> barely residue; SR: 60 kg ha<sup>-1</sup> Superabsorbent polymer + 4.5 t ha<sup>-1</sup> barely residue; ZSR: 5 t ha<sup>-1</sup> Zeolite + 60 kg ha<sup>-1</sup> Superabsorbent polymer + 4.5 t ha<sup>-1</sup> barely residue; R: 4.5 t ha<sup>-1</sup> barely residue; C: Control

4WAS: 4 weeks after sowing; 8WAS: 8 weeks after sowing

آبیاری نرمال افزایش داد (جدول ۷). نتیجه این تحقیق با نتایج ناصری و همکاران که در شرایط تنش کم آبی افزایش درصد پروتئین در علوفه سورگوم را گزارش کردند مطابقت دارد (Naseri *et al.*, 2012). در این بررسی با توجه به همبستگی منفی درصد پروتئین با عملکرد علوفه ( $r = -0.92$ ) و رطوبت خاک ( $r = -0.83$ ) می‌توان بیان کرد که در تنش کم آبی به دلیل کاهش تولید ماده خشک در واحد سطح، غلظت نیتروژن در

هدرروی عناصر غذایی در خاک و آزادسازی عناصر غذایی خاک متناسب با نیاز گیاه در طول فصل رشد مربوط دانست (Polat, 2004; Mahmoodabadi *et al.*, 2009).

#### پروتئین خام

تاثیر تنش کم آبی بر درصد پروتئین علوفه معنی‌دار بود (جدول ۶). تنش کم آبی درصد پروتئین علوفه را به میزان ۱۹/۲۵ درصد نسبت به

بافت گیاه افزایش یافته و از رقیق شدن عنصر غذایی در بافت گیاه کاسته شده است. نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که در شرایط تنش به دلیل کاهش تولید ماده خشک، از رقیق شدن عنصر غذایی در بافت گیاه کاسته شده و در نتیجه غلظت نیتروژن در بافت گیاه افزایش می‌یابد (Tanguiling *et al.*, 1987)؛ (Singh *et al.*, 1973). پروتئین خام علوفه چین اول سورگوم با ۸/۳ درصد نسبت به ذرت با ۶/۱۸ درصد برتر بود (جدول ۷). اثر متقابل رژیم آبیاری و نوع گیاه بر درصد پروتئین خام علوفه نشان داد که در هر دو گیاه در تنش کم آبی درصد پروتئین خام علوفه افزایش یافته است ولی به طور کلی درصد پروتئین خام در سورگوم بیشتر از ذرت بوده است (جدول ۸). ذرت به دلیل برتری عملکرد علوفه از عملکرد پروتئین بیشتری در واحد سطح نسبت به سورگوم برخوردار بود (جدول ۷). نتیجه این تحقیق با یافته‌های خالص رو و همکاران (Khalesro *et al.*, 2010) که برتری درصد پروتئین خام علوفه سورگوم نسبت به علوفه ذرت را گزارش کردند مطابقت دارد.

بررسی تاثیر تیمارهای ترکیبی بقایا، زئولیت و سوپر جاذب بر درصد پروتئین و عملکرد پروتئین خام علوفه نشان داد که در هر دو گیاه (ذرت و سورگوم) تیمار کاربرد ۱۰ تن زئولیت به همراه بقایا و تیمار کاربرد ۵ تن زئولیت به همراه سوپر جاذب و بقایا به ترتیب کمترین درصد پروتئین خام علوفه را داشتند، این در حالی است که بین تیمارهای فوق از نظر عملکرد پروتئین خام در واحد سطح تفاوت معنی‌داری نبود (جدول ۹). پروتئین خام از مهم‌ترین

ترکیبات غذایی دام بوده که کمبود آن در جیره غذایی کاهش عملکرد و تولید دام را سبب می‌شود. با توجه به همبستگی منفی عملکرد علوفه خشک با درصد پروتئین خام ( $r = -0.92$ )، کاهش درصد پروتئین خام در تیمارهای زئولیت را می‌توان به عملکرد بیشتر علوفه در تیمارهای فوق که باعث شده از غلیظ شدن نیتروژن در بافت گیاه کاسته شود مربوط دانست. کاهش درصد پروتئین خام در دانه سورگوم به واسطه کاربرد زئولیت گزارش شده است (Naseri *et al.*, 2012). همچنین در تحقیقی کاهش درصد پروتئین خام علوفه ناشی از بلوکه شدن نیتروژن خاک توسط زئولیت بیان شده است (Rahakova *et al.*, 2004). براساس نتایج تجزیه خاک در زمان برداشت محصول، نیتروژن در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک در تیمارهای کاربرد زئولیت بیشتر و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک کمتر از سایر تیمارها بود. بنابراین می‌توان بیان کرد که زئولیت با بلوکه نمودن نیتروژن خاک ضمن این که نیتروژن مورد نیاز گیاه را تامین می‌کند از شستشوی نیتروژن به اعماق خاک جلوگیری کرده است.

#### محتوی رطوبتی خاک

تیمار تنش کم آبی در پروفیل ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک و در فاصله زمانی چهار هفته و هشت هفته پس از کاشت به ترتیب ۲۸/۱۵ و ۲۸/۰۴ درصد رطوبت کمتری در مقایسه با تیمار آبیاری نرمال داشت (جدول ۷). بین دو گیاه تفاوت معنی‌داری از نظر درصد رطوبت خاک محل کشت مشاهده نشد، اگر چه رطوبت خاک محل کشت سورگوم چهار

بیشتری نسبت به عملکرد علوفه چین اول سورگوم داشت، ولی بین عملکرد علوفه ذرت با کل عملکرد علوفه سورگوم (مجموع علوفه تولیدی دو چین) به دلیل کوتاه بودن فصل رشد و برخورد چین دوم با سرمای آخر فصل تفاوت معنی‌داری نبود. راندمان مصرف آب ذرت به دلیل عملکرد علوفه بیشتر و مواجه شدن علوفه چین دوم سورگوم با سرمای آخر فصل، بیشتر از سورگوم بود. در هر دو گیاه با افزایش تنش رطوبتی عملکرد علوفه کاهش نشان داد ولی راندمان مصرف آب و درصد پروتئین خام علوفه افزایش یافت. کاربرد ۱۰ تن زئولیت و ۴/۵ تن در هکتار بقایای جو توانست با افزایش عملکرد علوفه راندمان مصرف آب را افزایش دهد. کاربرد پلیمر سوپر جاذب بر صفات مورد مطالعه بی‌تاثیر بود. نتایج این مطالعه نشان داد که سورگوم در شرایط کشت دوم به دلیل کوتاه بودن فصل رشد، سرد شدن هوادر آخر فصل و سرعت رشد کمتر در ۹۰ روز اول فصل نسبت به ذرت حتی در شرایط تنش نمی‌تواند جایگزین خوبی برای ذرت در کشت دوم باشد، لذا برای کشت دوم منطقه معتدل در آخر فصل بهار و یا اول فصل تابستان کشت ذرت در شرایط حداقل خاک‌ورزی و همچنین کاربرد ۱۰ تن زئولیت و ۴/۵ تن در هکتار بقایا توصیه می‌شود.

هفته و هشت هفته پس از کاشت به ترتیب ۷/۳ درصد و ۳/۵ درصد کمتر از ذرت بود. تاثیر تیمارهای ترکیبی بقایا، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب بر محتوی رطوبت خاک معنی‌دار بود به طوری که در هر دو گیاه تیمار شاهد کمترین میزان رطوبت خاک را داشت. در مقایسه بین تیمار کاربرد بقایا به تنهایی با تیمارهای کاربرد زئولیت و سوپر جاذب به همراه بقایا تفاوت معنی‌داری از نظر محتوی رطوبت خاک دیده نشد (جدول ۹). حفظ رطوبت در خاک به واسطه کاربرد بقایا در گزارش‌های متعددی آورده شده است (Unger, 1986; Lal, 1995).

همچنین افزایش و حفظ رطوبت خاک به واسطه کاربرد زئولیت و پلیمر سوپر جاذب در خاک نیز در مطالعات چندی بیان شده است (Xiubin and Zhanbin, 2001). عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمار کاربرد بقایا به تنهایی با تیمارهای زئولیت و پلیمر سوپر جاذب به همراه بقایا از نظر رطوبت خاک نشان می‌دهد که زئولیت و پلیمر سوپر جاذب در حضور بقایا در حفظ و افزایش رطوبت خاک بی‌تاثیر بودند.

در یک نتیجه‌گیری کلی از این آزمایش می‌توان گفت که در ۹۰ روز اول فصل رشد، ذرت به دلیل سرعت رشد و تجمع ماده خشک بیشتر در واحد سطح (شکل‌های ۱ و ۲) عملکرد علوفه

## References

- Ahmed, O. H., Sumalatha, G., and Nik Mohamad, A.M. 2010. Use of zeolite in maize (*Zea mays* L.) cultivation on nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency. International Journal of the Physical Sciences 15: 2393-2401.

- Anonymous 1990.** Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Washington DC, USA.
- Bernardi, A.C., Souza, G.B.D., Polidoro, J.C., Paiva, P.R., and Mello, M.B.D. 2011.** Yield quality components, and nitrogen levels of silage corn fertilized with urea and zeolite. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42:1-10.
- Downes, R.W. 1972.** The effect of temperature on the phenology and grain yield of sorghum. *Australian Journal of Agricultural Research* 23: 585-594.
- Falkon, P., Diatta, J.B., and Grzebisz, W. 2009.** Spring triticale reaction to simulated water deficit and zeolit. In: *Proceedings of the 14th Int. Symposium on Tropentage*, September 13-14, Bern, Swaziland. pp. 205-209.
- Farre, I., and Faci, J.M. 2006.** Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management* 83: 135–143.
- Fotuhi, K., Ahmdaly, J., Noorjo, A., Pedram, A., and Khorshid, A. 2008.** Irrigation management underwater discharge permit at the different stages of sugar beet grown in Miandoab region. *Journal of Sugar Beet* 24: 43-60 (in Persian).
- Guzha, A.C. 2004.** Effects of tillage on soil micro relief, surface depression storage and soil water storage. *Soil and Tillage Research* 76: 105-114.
- Hunt, R. 1990.** Basic Growth Analysis. *Plant Growth Analysis for Beginners*. Unwin Hyman, London, UK.
- Imam, Y., and Ranjbar, Gh. H. 2000.** Effect of plant density and drought stress at vegetative growth stage on yield, yield components and water use efficiency in maize. *Iranian Journal of Crop Sciences* 3: 50-62 (in Persian).
- Islam, M. R., Ren, C., Zeng, Z., Jia, P., Eneji, E., and Hu, Y. 2011b.** Fertilizer use efficiency of drought-stressed oat (*Avena sativa* L.) Following soil amendment with a water saving superabsorbent polymer. *Acta Agriculture Scandinavia Section B- Soil and Plant Science* 61: 721-729.
- Islam, M.R., Zeng, Z., Mao, J., Eneji, A.E., Xue, X., and Hu, Y. 2011a.** Feasibility of summer corn (*Zea mays* L.) Production in drought affected areas of northern china using water saving super absorbent polymer. *Plant Soil Environment* 6: 279-285 (in Persian).
- Johnson, M. S. 1984.** The effect of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35: 1196-1200.

- Kafee, M., Lahooti, M., Zand, E., Sharifi, H. R., and Goldani, M. 1998.** Plant Physiology. Jahad-e-Daneshgahi Publication of Mashhad University, Mashhad, Iran. 379 pp (in Persian).
- Kamara, A.Y., Menkir, A., Badu-apraku, B., and Ibikunle, O. 2003.** The influence of drought stress on growth, yield and yield components of selected maize genotypes. Journal of Agricultural Science 141: 43-50.
- Kaykhayee, F., Frzanjv, M., Kykha, M., Saghafy, GH., and Kykha, K. 2010.** Effect of water deficit on yield and water use efficiency of forage sorghum in Sistan region. Journal of Water Research in Agriculture 24: 49-41 (in Persian).
- Khalesroo, S., Aghaalikhani, M., and Moddares sanavy, S.A.M. 2010.** Effect of nitrogen fertilizer on yield and quality of forage maize, pearl millet and sorghum in double-cropping system. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 930-938 (in Persian).
- Khashaee-Sivaki, A., Kochakzadeh, M., and Shahabifar, M. 2008.** Effect of natural zeolite (clinoptilolite) and soil moisture on corn yield. Journal of Soil Science (soil and water) 22: 241-256 (in Persian).
- Lal, R. 1995.** Tillage and mulching effects on maize yield for seventeen consecutive seasons on a tropical alfisol. Journal of Sustainable Agriculture 5: 79-93.
- Levitt, J., 1980.** Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Press, London, UK. 607 pp.
- Mahmoodabadi, M.R., Ronaghi, A., Khayyat, M., and Haydarabadi, G. H. 2009.** Effects of zeolite and cadmium on growth and chemical composition of soybean (*Glycine max* L.). Tropical Agro-Ecosystems 10: 515-521.
- Mumpton, F. A. 1999.** Uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 96: 3463-3470.
- Najafinezhad, H., Rashidi, N., and Ravari, S.Z. 2005.** Effects of seedbed preparation methods on yield of grain corn and some soil properties in double cropping system. Seed and Plant Production Journal 21: 330-315 (in Persian).
- Naseri, M., Khalatbari, M., and Paknejad, F. 2012.** Evaluation the effect of different ranges Zeolite consuming on yield and yield component and physiological characteristics of grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L.)Var. Kimiya under water deficit stress. Annals of Biological Research 3: 3547-3550.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H., and Naci Onus, A. 2004.** Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. Fruit and Ornamental Plant Research 12: 183-189.

- Rahakova, M., Cuvanova, S., Dzivak, M., Rimar, J., and Gavalova, Z. 2004.** Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinions in Solid State and Materials Science* 8: 397-404 .
- Singh, T.N., Paleg, L.G., and Aspinall, D. 1973.** Stress metabolism. 1. Nitrogen metabolism and growth in barley plant during water stress. *Australian Journal of Biological Science* 26: 45-56.
- Tanguilig, V.C., Yambao, E.B., Toole, J. C. O., and DeDatta, S. K. 1987.** Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. *Plant and Soil* 103:155-168.
- Unger, P. W. 1986.** Wheat residue management effects on soil water storage and corn production. *Soil Science Society of American Journal* 50: 764-770.
- Unger, P. W., and Stewart, B. A. 1983.** Soil management for efficient water use: an overview. pp. 419-469. In: *Limitations to efficient water use in crop production*. ASA, CSSA and SSSA: Madison, Wisconsin, USA.
- Wilhelm, W. W., Doran J. W., and Dower, J. F. 1986.** Corn and soybean yield response to crop residue management under no tillage production systems. *Agronomy Journal* 178: 184-189.
- Xiubin, H., and H. Zhanbin. 2001.** Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil, *Resources, Conservation and Recycling* 34: 45-52.
- Zhang, S., Lovdahl, L., Grip, H., Tong, Y., Yang, X., and Wang, Q. 2009.** Effects of mulching and catch cropping on soil temperature, soil moisture and wheat yield on the Loess Plateau of China. *Soil Tillage Research* 102: 76-86.

