بررسی نقش بیوچار و تغییر الگوی‌کشت در شرایط آبیاری یک درمیان بر صفات مورفولوژیک، عملکرد علوفه خشک و کارایی مصرف آب سورگوم علوفه‌ای

سارا درویشی آقاجانی[۱]، قربان نورمحمدی[۲]، مجتبی علوی‌فاضل[۳*]، محمدرضا اردکانی[۴] و منصور سراجوقی[۵]

۱و ۲) گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳) گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۴و ۵) گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

[*]نویسنده مسئول: mojtaba_alavifazel@yahoo.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۷ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸**

چکیده

در شرایط کمبود آب روش آبیاری موضعی، الگوی مناسب کاشت و بیوچار می‌تواند به‌عنوان راهبرد قابل قبول جهت افزایش کارایی مصرف آب مورد استفاده قرار گیرد. برای این منظور این آزمایش روی گیاه سورگوم علوفه‌ایی به‌صورت کرت های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج اجرا شد. آبیاری موضعی شامل آبیاری کامل (شاهد)، آبیاری یک در میان ثابت و آبیاری یک در میان متغیر در کرت اصلی، الگوی کشت یک ردیفه (شاهد) و دو ردیفه در کرت فرعی و بیوچار در سه سطح عدم مصرف (شاهد)، شش و دوازده تن در هکتار در کرت فرعی فرعی در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین تیمار آبیاری یک در میان ثابت و بیوچار شش تن در هکتار بیشترین میزان کارایی مصرف آب را با میانگین ۸/۷۳ کیلوگرم بر متر مکعب نشان داد. همچنین روند کاهش عملکرد علوفه خشک در تیمار آبیاری یک در میان ثابت و بیوچار شش تن در هکتار با میانگین ۱۹۱۸۸/۳۲ کیلوگرم در هکتار از شدت کاهش کمتری نسبت به آبیاری یک در میان متغیر و بیوچار شش تن در هکتار با میانگین ۱۵۴۵۳/۶۱ کیلوگرم در هکتار برخوردار بود. براساس نتایج استفاده از بیوچار به عنوان یک اصلاح کننده و نگهدارنده آب در خاک بویژه در شرایط محدودیت آب قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: سورگوم علوفه‌ای، بیوچار، الگوی‌کشت و آبیاری یک درمیان.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

مقدمه

تغییر اقلیم، رشد جمعیت و کمبود آب معضلاتی جهانی هستند که پیامدهای آن‌ها زندگی انسان را تحت شعاع خود قرار می‌دهند. آب یکی از مهمترین منابع مورد نیاز جامعه بشری بوده و موضوع چگونگی حفظ این منبع حیاتی و بهره‌برداری بهینه از آن، یکی از مهمترین چالش‌های قرن حاضر است. همچنین در دسترس بودن آب یکی از محدودترین فاکتورهای کشاورزی در سراسر جهان می‌باشد (Rallo *et al*., 2017). بنابراین، مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. کم آبیاری، یک روش بهینه سازی مصرف آب است که بهره‌برداری از آب خاک را توسط گیاه بهبود می‌بخشد (Cosic *et al*., 2015). در این روش آبیاری برخلاف روش آبیاری جویچه‌ای معمولی که تمام جویچه‌ها در آن آبیاری می‌شوند، جویچه‌ها به‌صورت یک در میان آبیاری می‌شوند. در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر جای جویچه‌های آبیاری شده و آبیاری نشده در هر آبیاری عوض می‌شود و در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت که موقعیت جویچه‌های آبیاری شده برای همه آبیاری‌ها در طول فصل رشد ثابت هستند (Kang *et al*., 2000). نتایج تحقیقات کریمی و همکاران (۱۳۹۱) با اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان و روش کاشت بر عملکرد، کارایی مصرف آب و برخی از ویژگی‌های ذرت نشان دادند که شرایط آبیاری جویچه‌ای یک در میان در تمام طول دوره رشد، باعث کاهش معنی‌دار قطر ساقه، ارتفاع گیاه، رطوبت نسبی برگ، وزن خشک کل و وزن ترکل علوفه ذرت، و افزایش میزان پرولین و کارایی مصرف آب شد. گیاهان زراعی به‌طور پیوسته در معرض تنش کمبود آب بوده و به روش های گوناگون به تنش‌ها واکنش نشان می‌دهند. سورگوم از مهمترین گیاهان زراعی در مناطق نیمه خشک بوده و نیاز بالایی به گرما دارد همچنین این گیاه تحمل بسیار زیادی به خشکی دارد (Younesi and Sharif Zadeh, 2010). یکی از الگوهای پیشنهادی برای سورگوم کشت به‌صورت دو ردیفه روی پشته های عریض و یا به عبارت بهتر، حذف یک در میان جویچه های آبیاری در روش کشت جوی و پشته است. در این الگوی کشت به‌دلیل کاهش تعداد جویچه های آبیاری و کاهش سطح تبخیری، راندمان مصرف آب بالا می‌رود. زمانی که گیاهان ردیفی مثل سورگوم را با تراکم‌های معین در فاصله ردیف‌های باریک‌تر کشت می‌شوند، بدلیل توزیع یکنواخت بوته ها در سطح مزرعه، امکان دریافت بیشتر تابش خورشیدی و رقابت بیشتر با علف‌های هرز فراهم می‌شود (فریدی و همکاران، ۱۳۹۲). عرب حسینی و همکاران (۱۳۹۸) تاثیر دور آبیاری با کاشت یک ردیفه و دو ردیفه بر بازده مصرف آب و عملکرد صفات کمی و کیفی ذرت در پیشوای ورامین را مطالعه نمودند. نتایج آن ها نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار آب مصرفی به میزان ۵۹۰۰ و ۳۲۰۰ مترمکعب به ترتیب مربوط به تیمارهای کشت یک ردیفه، فاصله خطوط ۷۰ سانتی‌متر، دور آبیاری چهار روز یک بار و کاشت دو ردیفه، فاصله خطوط ۱۴۰ سانتی‌متر، دور آبیاری ۶ روز بود. نتایج دور آبیاری بر ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای نشان داد که با

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ روز عملکرد علوفه تر و خشک به ترتیب به میزان ۲۰ و ۲۹ درصد کاهش یافت. همچنین با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز میزان عملکرد علوفه تر و خشک به ترتیب به میزان ۳۶ و ۶۰ درصد کاهش پیدا کرد (ممبینی و همکاران، ۱۳۹۶). بافت خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های خاک است که مقدار نگهداری آب و عناصر غذایی، نفوذپذیری، زهکشی، تهویه، مقدار کربن آلی، ظرفیت بافری، تخلخل و بسیاری از ویژگی‌های مکانیکی خاک به آن بستگی دارد (Akpa *et al*., 2014). بیوچار می‌تواند با هدف بهبود عملکرد خاک، کاهش گازهای گلخانه‌یی و نیز ذخیره کربن در خاک بکار برده شود (Lehmann *et al*., 2006; Liang *et al*., 2006). کاربرد بیوچار موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود، اما موجب افزایش میزان آب نمی‌گردد (Ali *et al*., 2017). بیوچار موجب افزایش محتوی نسبی آب و عملکرد ذرت شد (Cornelissen *et al*., 2013). بررسی‌ها نشان دادند بیوچار قادر به اصلاح خاک و بهبود رشد گیاه آفتابگردان شد (جلالی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج تحقیق Zwart و Hummelink (۲۰۱۴) نشان داد که اعمال بیوچار در سطح ۲۰ تن در هکتار در یک خاک شنی، به علت قابل توجه بودن میزان آن، موجب بهبود نگهداشت آب در خاک شد. عملکرد گیاه گوجه فرنگی در تیمارهایی که به آن بیوچار افزوده شده بود در مقایسه با گیاه شاهد از ۲۴ درصد در سطح ۱۰ تن در هکتار تا ۹۶ درصد در سطح ۵۰ تن در هکتار بیوچار افزایش یافت (Chan *et al*., 2008). همچنین در تحقیقی که بر روی سورگوم انجام شد نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار در خاک موجب بهبود ویژگی هیدرولیکی، افزایش ظرفیت نگهداری آب افزایش ذخیره کربن و بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک گردید که در پی آن رشد و عملکرد سورگوم افزایش پیدا کرد (Laghari *et al*., 2015). ضیائیان و همکاران (۱۳۹۸) نیز گزارش کردند استفاده از بیوچار سبب افزایش معنی‌دار وزن علوفه تر و علوفه خشک، وزن تر و خشک ریشه‌ها، حجم ریشه‌ها و کربن آلی و شوری خاک پس از برداشت گیاه سورگوم شد و عملکرد علوفه خشک به میزان ۱۹/۸ درصد افزایش یافت. اعمال مدیریت صحیح به‌منظور حفظ و ذخیره رطوبت خاک و افزایش گنجایش نگه‌داشت آب از جمله اقدامات موثر برای افزایش کارایی مصرف آب و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع آب کشور است. به نظر می‌رسد تغییر الگوی‌کشت و کاربرد برخی اصلاح‌گرها از جمله بیوچار بتواند با اثر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تعدیل تنش کم آبی، در بهبود شاخص‌های مورفولوژیکی گیاه و افزایش کارایی مصرف آب نقش مهمی را ایفا کند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت طرح دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در شهر ماهدشت با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا اجرا گردید.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

این منطقه بر اساس آمار آب و هوایی و منحنی آمبروترمیک به دلیل داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز خشک، جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک محسوب می‌شود. متوسط بارندگی کرج ۲۵۰ میلی‌متر است. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

سال زراعی	عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	شن	لای	رس	آهک	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
						(درصد)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	
۱۳۹۵-۹۶	۰-۳۰	لوم	۵/۸۱	۷/۷۶	۴۹	۳۱	۲۰	۱۱/۷۵	۰/۹۷	۰/۰۹۲	۱۷/۷۲	۴۸۸/۰۹
۱۳۹۶-۹۷	۰-۳۰	لومی-شنی	۵/۴۶	۷/۸۱	۵۵	۲۶	۱۹	۱۲	۰/۹۱	۰/۰۸۰	۲۲/۰۲	۸۱۸/۳۵

در این آزمایش سه سطح آبیاری (آبیاری مرسوم تمام جویچه‌ها، آبیاری یک در میان ثابت و آبیاری یک در میان متغیر) به عنوان کرت اصلی در نظر گرفته شد. کرت فرعی شامل (کشت یک ردیفه و کشت دو ردیفه سورگوم روی پشته) و کرت فرعی فرعی شامل بیوچار (عدم کاربرد بیوچار، کاربرد شش و دوازده تن در هکتار) بودند. هر کرت اصلی به طول هفت و عرض پنج متر و هر کرت شامل چهار خط کاشت، فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌های تک ردیفه ۱۰ سانتیمتر و دو ردیفه در یک طرف ۲۰ سانتیمتر با تراکم ثابت ۱۶۶۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. بیوچار بعد از تهیه زمین و همزمان با ایجاد جوی‌ها با خاک مخلوط شد. پس از ۱۴ روز از مخلوط کردن بیوچار به منظور همگن شدن آن در خاک عملیات کاشت بذر سورگوم علوفه‌ای رقم پگاه در سال اول و دوم به ترتیب در تاریخ‌های ۱۳۹۶/۰۲/۲۵ و ۱۳۹۷/۰۲/۲۳ به‌صورت دستی در محل داغ آب انجام گرفت و بلافاصله آبیاری شد و آبیاری‌های بعدی از مرحله جوانه زنی تا چهار برگی بر اساس نیاز گیاه انجام شد سپس اعمال تیمار آبیاری از زمان چهار برگی و استقرار گیاه انجام شد. با توجه به اینکه سورگوم گیاهی علوفه‌ای است بنابراین هر کدام از چین‌ها یک برداشت محسوب شده است.

بیوچار استفاده شده در این آزمایش دارای ویژگی‌های، عدد ید (۹۵۰ -۱۱۰۰ میلی‌گرم برگرم)، میزان رطوبت (۱۰-۸ درصد)، اسیدیته (۵/۸ درصد)، خاکستر (۴-۶ درصد)، کربن (۸۴-۸۸ درصد) و دانه بندی (۱/۰ میلی متر و کمتر) بود. جهت محاسبه دور آبیاری از رابطه ۱ استفاده شد که در این رابطه ETc تبخیر و تعرق گیاه، d_n ارتفاع خالص آبیاری و I_t دور آبیاری می‌باشد (بافکار و همکاران، ۱۳۹۶):

رابطه ۱:

$$I_t = \frac{dn}{ETc}$$

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

محاسبه تبخیر و تعرق (ETc) از روش Blaney و Criddle (۱۹۶۴) با استفاده رابطه ۲ انجام شد که در این رابطه α و β ظریب اقلیمی، T متوسط دمای ماهانه بر حسب درجه سانتیگراد و P ظریب مربوط به طول روز می‌باشد:

رابطه ۲: $ET_c = \alpha + \beta\,(P(0.46T+8.13))$

ارتفاع خالص آب آبیاری (dn) به کمک رابطه ۳ محاسبه شد که در این رابطه D عمق توسعه ریشه بر حسب سانتی‌متر، MAD حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی، PWP نقطه پژمردگی و FC ظرفیت زراعی می‌باشد (بافکار و همکاران، ۱۳۹۶):

رابطه۳: $d_n = (FC-PWP)*(MAD)*(D)$

برای محاسبه PWP و FC با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری به‌صورت روزانه و متوالی توسط اگر از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه (۳۰ سانتی‌متر) نمونه برداری انجام شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از روش صفحه فشاری میزان رطوبت PWP و FC در مزرعه مشخص شد (Dane and Hopmans 2002).

حجم آب آبیاری از طریق رابطه مساحت هر کرت در ارتفاع آب آبیاری (رابطه ۴) محاسبه شد که در این رابطه V حجم آبیاری، d ارتفاع آبیاری و S مساحت هر کرت می‌باشد (بافکار و همکاران، ۱۳۹۶):

رابطه ۴: $V = d \times S$

به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع گیاه و قطر ساقه ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب و بوسیله متر اندازه‌گیری انجام شد (شمس، ۱۳۹۰). برای بدست آوردن وزن خشک بلافاصله بعد از برداشت از دو متر مربع هر کرت نمونه‌ها به فضای آزمایشگاه انتقال یافت تا رطوبت آن‌ها کاهش یابد. سپس نمونه ها را در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت (Songsri *et al*., 2009). بعد از خشک شدن نمونه‌ها به وسیله ترازوی دقیق وزن و یاداشت‌برداری انجام شد. سپس میزان عملکرد علوفه خشک با استفاده از تناسب میان سطح برداشت هر کرت براساس کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. با توجه به اندازه‌گیری آب آبیاری و محاسبه مقدار آب مصرفی هر کرت در طول دوره رویش و محاسبه عملکرد علوفه خشک کارایی مصرف آب به روش Payero و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد:

رابطه ۵: $\text{کارآیی مصرف آب} = \dfrac{\text{عملکرد علوفه تولید شده}}{\text{آب مصرف شده}}$

تجزیه واریانس داده‌ها در این آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای‌آماری SAS نسخه ۹، MINITAB نسخه ۱۶ و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه مرکب سال‌های آزمایش نشان داد که اثر سطوح آبیاری، الگوی‌کشت و بیوچار بر شاخص‌های ارتفاع گیاه، قطر ساقه، عملکرد علوفه خشک و کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود. با توجه به نتایج آزمایش، اثرآبیاری بر صفات ارتفاع گیاه، عملکرد علوفه خشک و کارآیی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر الگوی‌کشت نیز بر صفت عملکرد علوفه خشک هر دو چین به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر کاربرد بیوچار در هر دو چین به بر صفات ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد و بر صفت قطر ساقه در هر دو چین و عملکرد علوفه خشک چین دو در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. برهم‌کنش روش آبیاری، الگوی‌کشت و بیوچار بر صفت ارتفاع گیاه در هر دو چین و عملکرد علوفه خشک سورگوم علوفه‌ای در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های سطوح روش آبیاری در هر دو چین نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار آبیاری یک در میان متغیر بود (جدول ۳). سبحانی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش دادند که کم آبیاری، اثر معنی‌داری روی صفات مورفولوژیک داشت و بیشترین ارتفاع گیاه در ذرت در شرایط آبیاری کامل و روش تمام جویچه‌ای به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین سطوح بیوچار در هر دو چین نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار بیوچار ۶ تن در هکتار و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار عدم کاربرد بیوچار (شاهد) بود (جدول ۳). بنابراین می‌توان اظهار داشت که کاربرد بیوچار اثر مثبتی بر افزایش ارتفاع گیاه سورگوم علوفه‌ای داشته است. اثر مثبت بیوچار را در افزایش ارتفاع گیاه می‌توان به افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس، اصلاح ویژگی‌های خاک و همچنین ظرفیت بالای جذب آب بیوچار نسبت داد (Knowles *et al*., 2011; Domene *et al*., 2014; Liu *et al*., 2014).

مقایسه میانگین برهم‌کنش سال× الگوی‌کشت نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در سال دوم کشت دو ردیفه با میانگین (۱۷۴/۳۴سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۴). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×بیوچار نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در سال دوم و بیوچار ۶ تن در هکتار با میانگین (۱۷۵/۰۳سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش روش آبیاری×الگوی‌کشت×بیوچار بر ارتفاع سورگوم علوفه‌ای نیز نشان داد که کاربرد بیوچار در کنار الگوی کشت و کم آبیاری ضمن بهبود احتمالی فرایندهای حیاتی خاک، اصلاح ویژگی فیزیکی خاک و بهبود ویژگی شیمیایی خاک، قادر است از طریق ایجاد محیط مناسب و فراهمی عناصر غذایی و افزایش نگهداری بهتر رطوبت خاک، موجب رشد و نمو بهتر سورگوم علوفه‌ای در شرایط کم آبیاری شده و تا حدودی مانع کاهش زیاد ارتفاع گیاه در شرایط آبیاری یک در میان شود (جدول ۶). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×الگوی‌کشت×بیوچار نیز نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع گیاه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

در سال دوم با میانگین ۱۷۹/۶۷ و ۱۴۸/۷۵ سانتی‌متر در تیمار الگوی‌کشت دو ردیفه و بیوچار ۶ تن در هکتار بدست آمد (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین‌های سطوح بیوچار نشان داد که قطر ساقه در شرایط کاربرد بیوچار ۱۲ تن در هکتار به ترتیب در چین یک و دو ۴/۸۴ و ۳/۶۵ درصد بیشتر از تیمار عدم کاربرد بیوچار (شاهد) بود (جدول ۳). بنابراین می‌توان گفت که کاربرد بیوچار به واسطه نقش مثبتی که بر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند افزایش تخلخل خاک و اثر آن بر افزایش نگه داشت رطوبت خاک دارد می‌تواند در افزایش قطر ساقه اثر گذار باشد. در تحقیقی که بر روی گیاه آفتابگردان انجام شد نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار به میزان ۱۵ تن در هکتار موجب افزایش قطر ساقه گردید (Paneque *et al*., 2016). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری×بیوچار در چین یک نیز بیانگر این بود که قطر ساقه در روش آبیاری یک در میان ثابت و کاربرد بیوچار در مقایسه با تیمار شاهد یکسان بوده و یا از شدت کاهش کمتری برخوردار بود در صورتی که میزان قطر ساقه در تیمار آبیاری یک در میان متغیر و کاربرد بیوچار در مقایسه با تیمار شاهد کاهش بیشتری را نشان داد. به عبارتی دیگر در تیمار آبیاری یک در میان ثابت بیوچار تا حدودی توانسته است از کاهش شدید قطر ساقه جلوگیری نماید (جدول ۶). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×آبیاری×بیوچار نشان داد که در آبیاری یک در میان ثابت و کاربرد بیوچار ۶ تن در هکتار در سال اول قطر ساقه تفاوتی با تیمار شاهد نداشت و در سال دوم کاربرد بیوچار ۶ تن در هکتار در شرایط آبیاری یک در میان ثابت موجب افزایش قطر ساقه در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۸). اثر آبیاری محدود بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد بیولوژیکی ارقام گلرنگ بهاره نشان داد که تنش باعث کاهش قطر ساقه می‌شود (موسوی‌فر و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج مقایسه میانگین روش آبیاری در هر دو چین نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین عملکرد مربوط به تیمار آبیاری یک در میان متغیر بود که به ترتیب نسبت به تیمار آبیاری کامل یک کاهش ۲۹/۶۰ و ۵۳/۸۶ درصدی را نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×روش آبیاری در هر دو سال نیز بیشترین میزان عملکرد علوفه خشک را در آبیاری کامل نشان داد (جدول ۹). به نظر می‌رسد که اعمال کم آبیاری اثر منفی و معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک سورگوم علوفه‌ای داشته است. نتایج برخی از تحقیقات نشان داد که تنش کمبود آب از طریق کاهش جذب عناصر باعث کاهش تعداد برگ و طول بلال شد و از آن جایی که جذب و ساخت گیاه به میزان زیادی توسط دو عامل اصلی سطح برگ و فتوسنتز در واحد برگ کنترل می‌شود، عملکرد در شرایط تنش کاهش یافت (کوچک دزفولی و همکاران، ۱۳۹۸).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

نتایج مقایسه میانگین الگوی‌کشت در چین یک و دو نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه خشک به ترتیب به میزان ۷/۱۵ و ۱۷/۳۸ درصد مربوط به تیمار الگوی‌کشت دو ردیفه بود (جدول ۳). نتایج تحقیقات روی ذرت علوفه‌ای رقم NS640 نشان داد که بکارگیری روش کشت دو ردیفه با بهبود آرایش کشت و ایجاد فضای مناسب برای بوته باعث استفاده بهینه‌تر از عوامل محیطی از جمله نور، افزایش توسعه ریشه و استفاده بهتر از آب و مواد غذایی فراهم می‌کند (سلیمانی‌جوان و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش روش آبیاری×الگوی‌کشت×بیوچار چین یک نشان داد که در روش آبیاری یک در میان ثابت و کشت دو ردیفه شدت میزان کاهش عملکرد علوفه خشک نسبت به آبیاری یک در میان متغیر کمتر بوده است. همچنین با افزایش بیوچار به میزان ۱۲ تن در هکتار عملکرد علوفه گیاه سورگوم کاهش عملکرد کمتری (۱۱۷۳۶/۷۵کیلوگرم در هکتار) را در مقایسه با میزان بیوچار ۶ تن در هکتار (۱۱۵۶۷/۹۹کیلوگرم در هکتار) نشان داد (جدول ۶). عملکرد علوفه خشک از اجزای عملکرد هم چون ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ، سطح برگ و ... منشا می‌گیرد، که تنش خشکی بر هر یک از این اجزا، عملکرد علوفه خشک اثر گذار است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که عملکرد علوفه خشک به دلیل کم آبیاری کاهش پیدا کرد. نتایج تحقیقات موسوی و همکاران (۱۳۸۸) بر روی ارزن نوتروفید و لشکری و همکاران (۱۳۹۵) بر گیاه سورگوم رقم پگاه در شرایط تنش کم آبی موید این مطلب است. اثرهای مثبت بیوچار بر افزایش آب قابل دسترس گیاه، افزایش نگهداری رطوبت خاک و بهبود ویژگی شیمیایی خاک از قبیل افزایش کربن آلی خاک، نیتروژن خاک و فراهمی عناصر غذایی می‌باشد (Buss *et al.*, 2012; Cornelissen *et al.*,2013; Ma *et al.*, 2016). کارایی مصرف آب از ویژگی مهم فیزیولوژی گیاه در رابطه با توانایی در مقابله با کمبود آب است. نتایج برخی تحقیقات نشان داد که تنش آبی موجب بهبود کارآیی مصرف آب شد (Liu *et al.*, 2008; Patanè *et al.*, 2011; Agbemafle *et al.*, 2014; Patanè *et al.*, 2014). نتایج مقایسه میانگین روش آبیاری نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت در حدود ۵۲/۸۹ درصد در مقایسه با تیمار آبیاری کامل بود (جدول ۳). انجام مداوم آبیاری در یک جویچه موجب شد به دلیل رطوبت باقیمانده از آبیاری قبلی محدوده مرطوب شده خاک شعاع بیشتری را به‌صورت افقی و عمودی در تیمار آبیاری یک در میان ثابت ایجاد کند و در نتیجه در زمان آبیاری بعد، آب ورودی به محیط خاک خشک ریشه با پتانسیل ماتریک کمتری مواجه شد و لذا این امر مانعی در برابر خارج شدن آب از دسترس گیاه بود (مولوی و همکاران، ۱۳۹۰). در مجموع روش آبیاری جویچه ای یک در میان ثابت دارای کمترین حجم آب مصرفی، بالاترین راندمان کاربرد آن بود. در آزمایشی نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش کارآیی مصرف آب در گیاه سورگوم می‌شود و این نسبت افزایش کارآیی در مقایسه با ذرت خیلی بیشتر است (Hasan *et al.*, 2016). در الگوی‌کشت تک و دو ردیفه بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار الگوی‌کشت دو ردیفه در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

حدود ۱۰/۴۹ درصد بیشتر از الگوی‌کشت تک ردیفه بود (جدول ۳). همان‌طور که نتایج تجزیه واریانس اثر ساده نشان داد اثر بیوچار به تنهایی معنی‌دار نشد. در تحقیقی که توسط Aller و همکاران (۲۰۱۷) بر روی خاک‌های لومی شنی انجام گرفت نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار تازه تهیه شده اثری در کارایی مصرف آب ندارد، اما با گذشت زمان از تهیه بیوچار میزان کارایی مصرف آب افزایش پیدا کرد. برهم‌کنش تیمار کم آبیاری×بیوچار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید به این شکل که کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری یک در میان ثابت و بیوچار ۶ تن در هکتار در حدود ۶۷/۶۶ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۶). خشکیدگی بخشی ناحیه ریشه یک روش امیدبخش برای افزایش کارایی مصرف آب بدون افزایش باروری و تولید گیاهان زراعی است (Ballester *et al*., 2014; Parvizi *et al*., 2006). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×آبیاری×الگوی‌کشت×بیوچار نشان داد که بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب در سال دوم در تیمار آبیاری یک در میان ثابت، الگوی‌کشت دو ردیفه و بیوچار ۱۲ تن در هکتار با میانگین ۸/۴۶ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد (جدول ۱۰). به نظر می‌رسد با افزودن بیوچار به خاک حدودی شرایط خاک به عنوان محیط کشت گیاه بهبود یافته است. همچنین نتیجه تحقیق حاضر نشان داد که اضافه کردن بیوچار به خاک باعث نگهداشت بهتر آب خاک در سطوح کم آبیاری می‌شود. به عبارت دیگر با کاربرد بیوچار در تیمارهای کم آبیاری کارآیی مصرف آب افزایش پیدا کرد. ظرفیت نگهداری آب به دلیل ظرفیت جذب بالا و ساختار متخلل بیوچار است (Robbiani, 2013). امروزه نیاز به یک ترکیب بهینه از تولید در واحد هکتار و تولید به ازای حجم آب مصرفی برای حصول غذای بیشتر با آب کمتر احساس می‌شود. به عبارت دیگر، اخذ عملکردی با ثبات و نه عملکرد حداکثر، به کارایی حداکثری مصرف آب کمک می‌نماید (سالمی و همکاران، ۱۳۹۳).

نتایج همبستگی بین صفات عملکرد علوفه و ارتفاع گیاه چین یک (r =۰/۷۹۴) و چین دو (r =۰/۹۱۴) نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۱۱). این موضوع نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع گیاه عملکرد علوفه خشک نیز افزایش می‌یابد به عبارتی می‌توان اظهار داشت که الگوی‌کشت دو ردیفه فضای مناسب‌تری جهت رشد مهیا کرده، همچنین کاربرد بیوچار هم در افزایش نگهداشت آب موثر بوده و تا حدودی توانست اثرهای کم آبیاری را کاهش دهد. بین عملکرد علوفه خشک و قطر ساقه در چین یک نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۱۱). این موضوع نشان می‌دهد که با کاربرد بیوچار و الگوی‌کشت دو ردیفه که در افزایش ذخیره آب و کاهش تبخیر از سطح خاک اثر دارند، می‌توان تا حدودی اثرهای کم آبیاری در گیاه را کاهش داده و مانع از کاهش قطر ساقه در گیاه شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات سورگوم علوفه‌ای در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع گیاه (چین یک)	ارتفاع گیاه (چین دو)	قطر ساقه (چین یک)	قطر ساقه (چین دو)	عملکرد علوفه خشک (چین یک)	عملکرد علوفه خشک (چین دو)	کارایی مصرف آب
سال	۱	۱۱۲۱۶/۳*	۱۹۹۵/۹^{ns}	۵/۰۶۱۳۴**	۲/۶۶۰۲۰۸**	۲۰۵۵۴۴۴۸**	۱۱۳۸۲۹۳۶۷*	۶۱/۲۹۱۲**
تکرار (سال)	۴	۲۱۹/۷	۴۶۰/۳	۰/۰۲۴۹۳	۰/۰۱۵۵۸۱۰	۸۳۶۵۱۸	۳۶۹۳۶۹۹	۰/۵۴۵۰
روش آبیاری	۲	۱۸۶۰۱/۱**	۲۳۷۸۷/۳**	۰/۴۲۱۵۶**	۰/۰۳۴۶۵۱^{ns}	۲۶۸۴۴۲۶۷۴**	۱۸۳۰۸۲۲۶۹**	۴۴/۳۵۳۱**
روش آبیاری* سال	۲	۱۷۳/۵^{ns}	۸۴۶/۸^{ns}	۰/۴۷۴۱۰**	۰/۰۴۸۹۳۶^{ns}	۲۱۸۸۵۲۳^{ns}	۳۹۲۰۷۳۵۵**	۰/۵۶۸۲^{ns}
خطای آزمایشی کرتهای اصلی	۸	۱۲۵/۷	۲۲۸/۰	۰/۰۱۴۴۹	۰/۰۰۸۱۴۸	۵۵۷۶۰۵۲	۲۳۶۸۵۵۱	۱/۷۶۲۹
الگوی‌کشت	۱	۱۶۷/۵^{ns}	۲۲۲/۱^{ns}	۰/۱۰۴۵۳*	۰/۰۵۸۳۳۴^{ns}	۲۶۳۶۷۷۷۵**	۱۵۷۹۷۸۴۷*	۱۶/۹۴۵۶*
الگوی‌کشت* سال	۱	۱۸۴۹/۴*	۲۵۷/۴^{ns}	۰/۲۶۲۰۶**	۰/۲۷۷۰۴۵**	۴۲۶۰۰۰۶۶*	۳۱۲۸۴۰۵^{ns}	۷/۶۴۸۰^{ns}
روش آبیاری* الگوی‌کشت	۲	۳۲۹/۶^{ns}	۲۷۷/۲^{ns}	۰/۰۰۷۸۴^{ns}	۰/۰۵۶۲۵۶^{ns}	۱۴۷۷۴۸۰۳^{ns}	۱۶۰۸۱۶۹۸*	۷/۲۶۲۸^{ns}
روش آبیاری* الگوی‌کشت * سال	۲	۱۴۱۵/۹*	۳۵۱/۸^{ns}	۰/۰۴۷۱۰^{ns}	۰/۰۷۷۸۲۳*	۲۳۸۱۲۳۴^{ns}	۸۷۴۶۵۲^{ns}	۰/۲۸۹۴^{ns}
خطای آزمایشی کرت های فرعی	۱۲	۱۱۴/۶	۵۸/۶	۰/۰۰۶۰۴	۰/۰۰۸۱۹۳	۳۰۹۶۸۰۳	۱۱۷۳۸۳۷	۱/۱۰۶۲
بیوچار	۲	۷۵۱/۰**	۸۹۳/۴**	۰/۰۳۴۸۹*	۰/۱۳۴۲۹*	۱۶۰۹۲۵۲^{ns}	۳۰۸۶۲۹۰*	۰/۷۰۲۶^{ns}
بیوچار*سال	۲	۱۴۱/۶*	۶۳۷/۳**	۰/۰۰۹۱۲^{ns}	۰/۰۰۶۱۰۳^{ns}	۲۷۴۳۹۴۳^{ns}	۱۳۳۱۶۹۲۵**	۲/۰۲۱۸**
روش آبیاری*بیوچار	۴	۸۳/۲*	۷۲/۹^{ns}	۰/۰۵۶۲۰**	۰/۰۰۵۶۵۹^{ns}	۱۱۱۲۲۵۹۱**	۳۵۳۰۴۸۶**	۱/۹۳۲۵**
روش آبیاری* بیوچار*سال	۴	۲۴/۰^{ns}	۱۲۶/۲*	۰/۰۶۷۷۰**	۰/۰۰۲۴۲۲^{ns}	۱۵۶۱۴۰۹۹**	۲۱۵۰۱۵۴**	۲/۷۸۶۸**
الگوی‌کشت * بیوچار	۲	۱۰۰/۵^{ns}	۱۰۲/۹^{ns}	۰/۰۰۸۰۱^{ns}	۰/۰۰۷۹۷۳^{ns}	۳۱۴۲۴۱۶^{ns}	۶۴۴۷۶۱^{ns}	۰/۲۶۰۰^{ns}
الگوی‌کشت * بیوچار*سال	۲	۲۳۶/۳**	۳۴۵/۷**	۰/۰۰۷۳۲^{ns}	۰/۰۰۲۴۱۸^{ns}	۲۵۴۶۸۵۵۶**	۷۲۲۹۳۹۱**	۶/۴۵۸۰**
روش آبیاری* الگوی‌کشت * بیوچار	۴	۱۰۰/۶*	۲۱۸/۳*	۰/۰۱۱۸۱^{ns}	۰/۰۰۶۱۱۲^{ns}	۶۹۰۲۷۰۲*	۴۰۱۴۲۵^{ns}	۰/۹۷۱۲^{ns}
روش آبیاری* الگوی‌کشت * بیوچار* سال	۴	۱۴۸/۲**	۵۰۳/۲**	۰/۰۴۲۲۸**	۰/۰۰۷۰۱۲*	۵۹۰۲۵۶۲*	۹۵۰۳۳۱^{ns}	۱/۰۸۶۷*
خطای آزمایشی	۴۸	۱۹/۰	۲۹/۹۰	۰/۰۰۴۶۹	۰/۰۰۱۵۰۷	۱۲۱۹۰۳۱	۴۱۰۳۵۷	۰/۲۵۰۰
ضریب تغییرات		۲/۷۵	۴/۰۳	۳/۹۱	۲/۹۷	۹/۰۱	۱۲/۱۷	۸/۹۲

ns، * و :** : به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ساده صفات سورگوم علوفه‌ای در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

تیمارها	میانگین صفات						
روش آبیاری	ارتفاع گیاه چین یک (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه چین دو (سانتی‌متر)	قطرساقه چین یک (سانتی‌متر)	قطرساقه چین دو (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه خشک چین یک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه خشک چین دو (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
آبیاری کامل (شاهد)	۱۸۳/۸۵	۱۵۹/۷۴	۱/۸۶	۱/۳۷	۱۵۴۴۶/۶۹	۷۴۳۰/۷۱	۴/۶۷
جویچه‌ای یک در میان ثابت	۱۴۳/۵۳	۱۲۴/۵۷	۱/۸۰	۱/۳۴	۱۲۷۲۸/۱۱	۴۷۶۵/۰۳	۷/۱۴
جویچه‌ای یک در میان ثابت	۱۳۰/۶۶	۱۱۴/۸۱	۱/۶۱	۱/۱۹	۱۰۸۷۴/۶۶	۳۴۲۸/۴۵	۵/۸۱
LSD 0.05	۸/۶۲	۱۱/۶۰	۰/۰۹	۰/۰۷	۱۸۱۵/۱۰۴	۱۱۸۲/۹۵۸	۱/۰۲
الگوی‌کشت							
کشت تک ردیفه (شاهد)	۱۸۳/۸۵	۱۵۹/۷۴	۱/۸۶	۱/۳۷	۱۵۴۴۶/۶۹	۷۴۳۰/۷۱	۴/۶۷
کشت دو ردیفه	۱۸۱/۰۰	۱۵۴/۹۶	۱/۷۰	۱/۲۹	۱۶۵۵۰/۴۲	۸۷۲۱/۹۲	۵/۱۶
LSD 0.05	۶/۳۴	۴/۵۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۱۰۴۳/۶۳۱	۶۴۲/۵۳۱۲	۰/۶۲
بیوچار							
عدم کاربرد(شاهد) ۰	۱۸۳/۸۵	۱۵۹/۷۴	۱/۸۶	۱/۳۷	۱۵۴۴۶/۶۹	۷۴۳۰/۷۱	۴/۶۷
۶ (تن در هکتار)	۱۸۶/۷۹	۱۷۳/۰۰	۱/۸۵	۱/۳۶	۱۳۳۹۴/۸۷	۷۲۲۷/۹۲	۴/۲۱
۱۲ (تن در هکتار)	۱۸۴/۰۰	۱۶۴/۳۵	۱/۹۵	۱/۴۲	۱۴۸۴۱/۴۵	۷۹۸۲/۶۶	۴/۶۶
LSD 0.05	۲/۹۱	۳/۶۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۷۳۶/۰۶۴۹	۴۲۷/۰۶۱	۰/۳۳

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۴: مقایسه میانگین برهم‌کنش سال و الگوی‌کشت بر صفات سورگوم علوفه‌ای در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

سال	الگوی‌کشت	ارتفاع گیاه چین یک (سانتی‌متر)	قطر ساقه چین دو (سانتی‌متر)	قطر ساقه چین یک (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه چین یک (کیلوگرم در هکتار)
۱۳۹۵-۹۶	کشت تک ردیفه	۱۵۱/۴۶	۲/۰۵	۱/۲۲	۱۱۹۹۲/۳۳
	کشت دو ردیفه	۱۴۵/۶۸	۱/۸۹	۱/۰۷	۹۷۴۸/۰۱۲
۱۳۹۶-۹۷	کشت تک ردیفه	۱۶۳/۵۷	۱/۵۲	۱/۴۴	۱۳۴۹۵/۳۶
	کشت دو ردیفه	۱۷۴/۳۴	۱/۵۵	۱/۵۰	۱۳۷۶۳/۲۳
LSD 5%		۶/۳۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۱۰۴۳/۶۳

جدول ۵: مقایسه میانگین برهم‌کنش سال و بیوچار بر صفات سورگوم علوفه‌ای در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

سال	بیوچار	ارتفاع گیاه چین یک (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه چین دو (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه چین یک (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱۳۹۵-۹۶	عدم کاربرد	۱۲۲/۸۲	۱۲۹/۵۹	۱۱۳۵۵/۷۳	۴/۹۴
	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۵۱/۵۲	۱۳۰/۳۲	۱۰۴۸۵/۵۹	۴/۶۸
	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۵۰/۹۱	۱۳۳/۹۸	۱۰۷۶۹/۱۹	۴/۹۳
۱۳۹۶-۹۷	عدم کاربرد	۱۶۵/۰۰	۱۳۰/۱۷	۱۳۴۷۷/۹۱	۵/۹۵
	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۷۵/۰۳	۱۴۷/۶۸	۱۳۵۳۸/۴۸	۶/۶۴
	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۶۶/۸۳	۱۴۱/۸۴	۱۳۸۷۱/۴۹	۶/۴۹
LSD 5%		۲/۹۱	۲/۰۱	۴۲۷/۰۶	۰/۳۳

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۶: مقایسه میانگین برهمکنش صفات سورگوم علوفه‌ای در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

تیمارها	میانگین صفات						
روش آبیاری و الگوی‌کشت	ارتفاع گیاه چین یک (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه چین دو (سانتی‌متر)	قطرساقه چین یک (سانتی‌متر)	قطرساقه چین دو (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه خشک چین یک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه خشک چین دو (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
روش آبیاری و الگوی‌کشت							
آبیاری کامل و کشت تک ردیفه (شاهد)	۱۸۳/۸۵	۱۵۹/۷۴	۱/۸۶	۱/۳۷	۱۵۴۴۶/۶۹	۷۴۳۰/۷۱	۴/۶۷
آبیاری یک در میان ثابت و کشت دو ردیفه	۱۴۶/۴۳	۱۲۰/۸۸	۱/۷۳	۱/۲۴	۱۲۰۵۱/۳۸	۲۵۸۱/۳۰	۵/۹۷
آبیاری یک در میان متغیر و کشت دو ردیفه	۱۳۹/۴۰	۱۰۴/۳۲	۱/۶۳	۱/۲۹	۶۸۴۹/۶۶	۲۷۲۱/۲۹	۳/۹۱
LSD 0.05	۱۱/۰۰	۷/۸۶	۰/۰۸	۰/۰۹	۱۸۰۷/۶۲۳	۱۱۱۲/۸۹۷	۱/۱۰
روش آبیاری و بیوچار							
آبیاری کامل و عدم کاربرد بیوچار۰ (شاهد)	۱۸۳/۸۵	۱۵۹/۷۴	۱/۸۶	۱/۳۷	۱۵۴۴۶/۶۹	۷۴۳۰/۷۱	۴/۶۷
آبیاری یک در میان ثابت و بیوچار۶ تن در هکتار	۱۶۰/۳۱	۱۳۲/۵۴	۱/۸۶	۱/۳۲	۱۴۲۷۸/۳۲	۴۹۱۰/۰۰	۷/۸۳
آبیاری یک در میان ثابت و بیوچار۱۲ تن در هکتار	۱۵۶/۸۷	۱۳۲/۸۱	۱/۷۶	۱/۳۸	۱۳۰۹۸/۳۴	۵۷۰۹/۰۲	۷/۶۸
آبیاری یک در میان متغیر و بیوچار۶ تن در هکتار	۱۴۵/۶۱	۱۱۵/۵۵	۱/۶۷	۱/۲۹	۱۰۵۲۹/۷۷	۴۹۲۳/۸۴	۶/۳۱
آبیاری یک در میان متغیر و بیوچار۱۲ تن در هکتار	۱۳۱/۳۴	۱۱۵/۹۲	۱/۶۷	۱/۳۰	۹۵۰۲/۳۹	۴۴۳۶/۰۷	۵/۶۹
LSD 0.05	۵/۰۳	۶/۳۱	۰/۰۸	۰/۰۴	۱۲۷۴/۹۰۲	۷۳۹/۶۹۱	۰/۵۷
الگوی‌کشت و بیوچار							
کشت تک ردیفه و عدم کاربرد بیوچار۰ (شاهد)	۱۸۳/۸۵	۱۵۹/۷۴	۱/۸۶	۱/۳۷	۱۵۴۴۶/۶۹	۷۴۳۰/۷۱	۴/۶۷
کشت دو ردیفه بیوچار۶ تن در هکتار	۱۸۷/۷۸	۱۶۷/۲۱	۱/۷۷	۱/۳۴	۱۳۴۳۲/۰۰	۷۶۵۵/۹۲	۴/۳۰
کشت دو ردیفه بیوچار۱۲ تن در هکتار	۱۸۶/۶۸	۱۶۹/۶۲	۱/۹۷	۱/۲۸	۱۵۱۴۷/۵۶	۸۱۵۳/۳۷	۴/۷۶
LSD 0.05	۴/۱۱	۵/۱۶	۰/۰۶	۰/۰۴	۱۰۴۰//۹۵۳	۶۰۳/۹۵۵	۰/۴۷
روش آبیاری، الگوی‌کشت و بیوچار							
آبیاری کامل،کشت تک ردیفه و عدم کاربرد بیوچار۰ (شاهد)	۱۸۳/۸۵	۱۵۹/۷۴	۱/۸۶	۱/۳۷	۱۵۴۴۶/۶۹	۷۴۳۰/۷۱	۴/۶۷
آبیاری یک در میان ثابت، کشت دو ردیفه و بیوچار۶ تن در هکتار	۱۵۳/۰۵	۱۲۰/۰۲	۱/۷۶	۱/۲۳	۱۱۵۶۷/۹۹	۳۲۳۸/۳۸	۶/۰۴
آبیاری یک در میان ثابت، کشت دو ردیفه و بیوچار۱۲ تن در هکتار	۱۵۱/۲۷	۱۲۲/۳۶	۱/۶۸	۱/۲۵	۱۱۷۳۶/۷۵	۳۴۶۰/۲۷	۶/۲۰
آبیاری یک در میان متغیر، کشت دو ردیفه و بیوچار۶ تن در هکتار	۱۴۷/۴۳	۱۲۵/۶۸	۱/۵۹	۱/۳۰	۸۸۶۹/۲۷	۴۰۵۶/۴۹	۵/۲۸
آبیاری یک در میان متغیر، کشت دو ردیفه و بیوچار۱۲ تن در هکتار	۱۴۷/۰۴	۱۲۲/۴۲	۱/۶۴	۱/۳۳	۹۵۹۵/۵۷	۳۳۴۰/۴۷	۵/۲۸
LSD 0.05	۷/۱۲	۸/۹۳	۰/۱۱	۰/۰۶	۱۸۰۲/۹۸۳	۱۰۴۶/۰۸۱	۰/۸۲

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۷: مقایسه میانگین برهمکنش سال، الگوی‌کشت و بیوچار برصفات سورگوم علوفه‌ای در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

سال	الگوی‌کشت	بیوچار	ارتفاع گیاه چین یک (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه چین دو (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه خشک چین یک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه خشک چین دو (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱۳۹۵-۹۶	کشت تک ردیفه	عدم کاربرد	۱۴۳/۰۴	۱۳۰/۸۴	۱۱۶۵۸/۴۰	۴۸۵۸/۴۵	۵/۲۹
	کشت تک ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۵۷/۲۱	۱۳۴/۱۲	۱۲۰۴۲/۱۶	۳۸۷۸/۳۱	۵/۲۹
	کشت تک ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۵۴/۱۴	۱۳۷/۸۶	۱۲۲۷۶/۴۴	۵۶۳۱/۸۳	۵/۹۶
	کشت دو ردیفه	عدم کاربرد	۱۴۳/۵۳	۱۲۸/۳۳	۱۱۰۵۳/۰۵	۴۲۳۶/۱۴	۴/۵۹
	کشت دو ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۴۵/۸۳	۱۲۶/۵۲	۸۹۲۹/۰۳	۳۵۷۸/۰۴	۴/۰۸
	کشت دو ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۴۷/۶۸	۱۳۰/۱۱	۹۲۶۱/۹۵	۳۲۳۸/۴۸	۳/۹۰
۱۳۹۶-۹۷	کشت تک ردیفه	عدم کاربرد	۱۶۲/۳۲	۱۳۵/۲۳	۱۴۳۷۴/۵۷	۵۵۵۷/۶۸	۶/۴۸
	کشت تک ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۷۰/۳۹	۱۴۶/۶۰	۱۳۴۲۶/۴۹	۷۴۹۶/۱۹	۶/۹۴
	کشت تک ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۵۸/۰۰	۱۳۷/۵۳	۱۲۶۸۵/۰۲	۶۴۵۳/۳۴	۶/۰۵
	کشت دو ردیفه	عدم کاربرد	۱۶۷/۶۹	۱۲۵/۱۰	۱۲۵۸۱/۲۵	۵۱۱۳/۵۴	۵/۴۳
	کشت دو ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۷۹/۶۷	۱۴۸/۷۵	۱۳۶۵۰/۴۸	۶۳۸۹/۱۶	۶/۳۴
	کشت دو ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۷۵/۶۵	۱۴۶/۱۶	۱۵۰۵۷/۹۷	۶۷۳۰/۹۳	۶/۹۳
LSD 5%			۴/۱۱	۵/۱۶	۱۰۴۰/۹۵	۶۰۳/۹۶	۰/۴۷

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۸: مقایسه میانگین برهمکنش سال، آبیاری و بیوچار برصفات سورگوم علوفه‌ای در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

سال	روش آبیاری	بیوچار	ارتفاع گیاه چین یک (سانتی‌متر)	قطر ساقه چین دو (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه خشک چین یک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه خشک چین دو (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱۳۹۵-۹۶	آبیاری نرمال	عدم کاربرد	۱۵۴/۸۶	۲/۰۳	۱۶۰۱۴/۷۹	۶۷۵۵/۶۵	۴/۶۵
	آبیاری نرمال	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۵۶/۵۵	۲/۱۱	۱۱۵۷۸/۶۱	۴۸۳۴/۷۵	۳/۳۵
	آبیاری نرمال	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۵۵/۸۱	۲/۴۱	۱۳۳۹۹/۳۵	۵۳۳۴/۱۳	۳/۸۲
	آبیاری یک در میان ثابت	عدم کاربرد	۱۱۸/۲۵	۲/۰۱	۱۰۵۵۵/۰۵	۳۳۷۷/۵۵	۵/۶۹
	آبیاری یک در میان ثابت	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۱۸/۶۲	۲/۰۳	۱۲۴۱۴/۶۴	۳۰۸۲/۰۷	۶/۳۳
	آبیاری یک در میان ثابت	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۲۶/۳۷	۱/۸۹	۹۸۶۸/۴۸	۴۱۵۹/۴۱	۵/۷۳
	آبیاری یک در میان متغیر	عدم کاربرد	۱۱۵/۶۶	۱/۷۲	۷۴۹۷/۳۳	۳۵۰۸/۶۹	۴/۴۹
	آبیاری یک در میان متغیر	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۱۵/۷۹	۱/۷۶	۷۴۶۳/۵۳	۳۲۶۷/۷۱	۴/۳۸
	آبیاری یک در میان متغیر	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۱۹/۷۷	۱/۷۴	۹۰۳۹/۷۵	۳۸۱۱/۹۱	۵/۲۵
۱۳۹۶-۹۷	آبیاری نرمال	عدم کاربرد	۱۵۹/۸۳	۱/۵۲	۱۵۹۸۲/۳۱	۹۳۹۶/۹۸	۵/۱۸
	آبیاری نرمال	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۸۳/۶۵	۱/۵۱	۱۵۲۴۸/۲۶	۱۰۰۴۹/۰۹	۵/۱۶
	آبیاری نرمال	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۷۸/۱۶	۱/۵۲	۱۶۵۸۹/۶۵	۱۰۸۰۱/۹۰	۵/۵۹
	آبیاری یک در میان ثابت	عدم کاربرد	۱۲۷/۲۰	۱/۵۳	۱۴۲۲۴/۴۳	۳۹۶۸/۷۸	۷/۴۳
	آبیاری یک در میان ثابت	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۳۳/۹۵	۱/۵۹	۱۳۴۳۱/۶۷	۵۰۶۶/۳۲	۷/۵۵
	آبیاری یک در میان ثابت	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۲۸/۸۰	۱/۵۵	۱۴۹۶۶/۶۲	۵۰۰۹/۸۸	۸/۱۵
	آبیاری یک در میان متغیر	عدم کاربرد	۱۰۳/۴۷	۱/۵۱	۱۰۲۲۶/۹۸	۲۶۴۱/۰۶	۵/۲۵
	آبیاری یک در میان متغیر	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۲۵/۴۳	۱/۴۹	۱۱۹۳۵/۵۱	۵۷۱۲/۶۱	۷/۲۰
	آبیاری یک در میان متغیر	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۱۸/۵۷	۱/۵۸	۱۰۰۵۸/۲۲	۳۹۶۴/۶۳	۵/۷۲
LSD 5%			۶/۳۱	۰/۰۸	۱۲۷۴/۹۰	۷۳۹/۶۹	۰/۵۸

جدول ۹: مقایسه میانگین برهمکنش سال و روش آبیاری برصفات سورگوم علوفه‌ای در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

سال	روش آبیاری	قطرساقه چین یک (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه خشک چین دو (کیلوگرم در هکتار)
۱۳۹۵-۹۶	آبیاری نرمال	۲/۱۸	۵۶۴۱/۵۱
	آبیاری یک در میان ثابت	۱/۹۸	۳۵۳۹/۶۷
	آبیاری یک در میان متغیر	۱/۷۴	۳۵۲۹/۴۴
۱۳۹۶-۹۷	آبیاری نرمال	۱/۴۸	۱۰۰۲۸/۶۶
	آبیاری یک در میان ثابت	۱/۵۶	۴۳۳۵/۰۹
	آبیاری یک در میان متغیر	۱/۵۳	۴۱۰۶/۱۰
LSD 5%		۰/۰۹	۱۱۸۲/۹۶

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۱۰: مقایسه میانگین برهمکنش سال،آبیاری، الگوی‌کشت و بیوچار برصفات سورگوم علوفه‌ای در ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

سال	روش آبیاری	الگوی کشت	بیوچار	ارتفاع گیاه چین ۱ (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه چین ۲ (سانتی‌متر)	قطر ساقه چین ۱ (سانتی‌متر)	قطر ساقه چین ۲ (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه خشک چین ۱ (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱۳۹۵-۹۶	آبیاری نرمال	کشت تک ردیفه	عدم کاربرد	۱۷۶/۹۶	۱۵۵/۹۷	۲/۲۴	۱/۱۹	۱۵۴۶۰/۴۷	۴/۳۶
	آبیاری نرمال	کشت تک ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۸۱/۶۴	۱۵۷/۳۷	۲/۲۳	۱/۲۰	۱۲۹۸۸/۲۸	۳/۶۲
	آبیاری نرمال	کشت تک ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۷۵/۰۱	۱۵۵/۷۴	۲/۳۸	۱/۱۹	۱۳۶۹۶/۱۱	۴/۰۳
	آبیاری نرمال	کشت دو ردیفه	عدم کاربرد	۱۶۷/۷۳	۱۵۳/۷۶	۱/۸۲	۱/۰۹	۱۶۵۶۹/۱۲	۴/۹۴
	آبیاری نرمال	کشت دو ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۷۰/۲۱	۱۵۵/۷۳	۱/۹۹	۱/۱۱	۱۰۱۶۸/۹۴	۳/۰۸
	آبیاری نرمال	کشت دو ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۷۷/۸۲	۱۵۵/۸۳	۲/۴۴	۱/۰۸	۱۳۱۰۲/۶۰	۳/۶۱
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت تک ردیفه	عدم کاربرد	۱۲۹/۰۳	۱۲۲/۰۲	۲/۱۳	۱/۲۷	۱۰۵۵۱/۲۹	۶/۱۶
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت تک ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۴۵/۹۸	۱۲۲/۱۲	۲/۱۴	۱/۱۸	۱۴۷۲۷/۰۸	۷/۳۷
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت تک ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۵۳/۶۱	۱۳۱/۶۴	۲/۰۲	۱/۳۱	۱۲۵۹۴/۰۹	۷/۵۰
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت دو ردیفه	عدم کاربرد	۱۴۵/۷۴	۱۱۴/۴۷	۱/۸۸	۱/۰۹	۱۰۵۵۸/۸۲	۵/۲۲
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت دو ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۴۵/۲۰	۱۱۵/۱۱	۱/۹۲	۱/۰۶	۱۰۱۰۲/۲۱	۵/۲۸
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت دو ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۴۰/۰۷	۱۲۱/۱۰	۱/۷۷	۱/۰۶	۷۱۴۲/۸۷	۳/۹۵
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت تک ردیفه	عدم کاربرد	۱۲۳/۱۳	۱۱۴/۵۴	۱/۶۸	۱/۱۶	۸۹۶۳/۴۵	۵/۳۵
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت تک ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۴۴/۰۲	۱۲۲/۸۷	۱/۸۱	۱/۲۸	۸۴۱۱/۱۱	۴/۸۸
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت تک ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۳۳/۷۹	۱۲۶/۲۰	۱/۷۹	۱/۲۳	۱۰۵۳۹/۱۲	۶/۳۶
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت دو ردیفه	عدم کاربرد	۱۱۷/۱۱	۱۱۶/۷۸	۱/۷۶	۱/۰۸	۶۰۳۱/۲۲	۳/۳۶
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت دو ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۲۲/۰۹	۱۰۸/۷۱	۱/۷۱	۱/۰۳	۶۵۱۵/۹۴	۳/۸۸
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت دو ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۲۵/۱۳	۱۱۳/۴۳	۱/۶۸	۱/۱۹	۷۵۴۰/۳۸	۴/۱۳

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

ادامه جدول ۱۰: مقایسه میانگین برهمکنش سال،آبیاری، الگوی‌کشت و بیوچار برصفات سورگوم علوفه‌ای در ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

سال	روش آبیاری	الگوی کشت	بیوچار	ارتفاع گیاه چین ۱ (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه چین ۲ (سانتی‌متر)	قطر ساقه چین ۱ (سانتی‌متر)	قطر ساقه چین ۲ (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه خشک چین ۱ (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱۳۹۶-۹۷	آبیاری نرمال	کشت تک ردیفه	عدم کاربرد	۱۹۰/۷۳	۱۶۳/۵۱	۱/۴۷	۱/۵۵	۱۵۴۳۲/۹۱	۴/۹۸
	آبیاری نرمال	کشت تک ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۸۹/۳۳	۱۸۸/۶۲	۱/۴۷	۱/۵۱	۱۳۸۰۱/۴۶	۴/۷۹
	آبیاری نرمال	کشت تک ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۸۴/۹۹	۱۷۲/۹۶	۱/۵۳	۱/۶۴	۱۵۹۸۶/۸۰	۵/۲۸
	آبیاری نرمال	کشت دو ردیفه	عدم کاربرد	۱۹۴/۲۶	۱۵۶/۱۶	۱/۵۷	۱/۵۰	۱۶۵۳۱/۷۲	۵/۳۸
	آبیاری نرمال	کشت دو ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۲۰۵/۳۶	۱۷۸/۶۸	۱/۵۵	۱/۵۶	۱۶۶۹۵/۰۶	۵/۵۳
	آبیاری نرمال	کشت دو ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۹۵/۵۳	۱۸۳/۳۷	۱/۵۰	۱/۴۸	۱۷۱۹۲/۵۱	۵/۹۰
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت تک ردیفه	عدم کاربرد	۱۵۸/۰۳	۱۲۷/۱۱	۱/۴۷	۱/۴۲	۱۴۹۰۴/۹۲	۸/۱۲
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت تک ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۷۴/۶۳	۱۴۲/۹۶	۱/۵۹	۱/۴۵	۱۳۸۲۹/۵۷	۸/۳۰
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت تک ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۶۰/۱۳	۱۳۳/۹۸	۱/۵۱	۱/۴۵	۱۳۶۰۲/۵۹	۷/۸۵
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت دو ردیفه	عدم کاربرد	۱۴۷/۱۱	۱۲۷/۲۹	۱/۵۸	۱/۳۹	۱۳۵۴۳/۹۴	۶/۷۳
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت دو ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۶۰/۸۹	۱۲۴/۹۳	۱/۵۹	۱/۴۰	۱۳۰۳۳/۷۷	۶/۸۰
	آبیاری یک در میان ثابت	کشت دو ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۶۲/۴۷	۱۲۳/۶۲	۱/۶۰	۱/۴۴	۱۶۳۳۰/۶۴	۸/۴۶
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت تک ردیفه	عدم کاربرد	۱۳۸/۱۹	۱۱۵/۰۷	۱/۵۳	۱/۲۲	۱۲۷۸۵/۸۷	۶/۳۲
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت تک ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۴۷/۲۰	۱۰۸/۲۲	۱/۵۲	۱/۳۱	۱۲۶۴۸/۴۳	۷/۷۴
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت تک ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۲۸/۸۹	۱۰۵/۶۴	۱/۵۵	۱/۳۷	۸۴۶۵/۶۷	۵/۰۲
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت دو ردیفه	عدم کاربرد	۱۶۱/۷۰	۹۱/۸۷	۱/۴۹	۱/۵۰	۷۶۶۸/۰۹	۴/۱۸
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت دو ردیفه	بیوچار ۶ تن در هکتار	۱۷۲/۷۸	۱۴۲/۶۴	۱/۴۷	۱/۵۶	۱۱۲۲۲/۶۰	۶/۶۷
	آبیاری یک در میان متغیر	کشت دو ردیفه	بیوچار ۱۲ تن در هکتار	۱۶۸/۹۴	۱۳۱/۴۹	۱/۶۱	۱/۵۸	۱۱۶۵۰/۷۷	۶/۴۳
LSD 5%				۷/۱۲	۸/۹۳	۰/۱۱	۰/۰۶	۱۸۰۲/۹۸۳	۰/۸۲

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول۱۱: نتایج ضرایب همبستگی بین صفات سورگوم علوفه‌ای در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶

قطر ساقه	ارتفاع گیاه	چین دو	قطر ساقه	ارتفاع گیاه	چین یک
	۰/۹۵۶**	قطر ساقه		۰/۷۳۰**	قطر ساقه
۰/۵۷۷ ns	۰/۹۱۴**	عملکرد علوفه خشک	۰/۷۵۸**	۰/۷۹۴**	عملکرد علوفه خشک

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این تحقیق نشان داد که بین روش‌های مختلف آبیاری، روش آبیاری کامل (شاهد) توانست بیشترین میزان ارتفاع گیاه ، قطر ساقه و عملکرد علوفه خشک را به خود اختصاص دهد. همچنین روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت در مقایسه با روش آبیاری یک در میان متغیر توانست اثر بهتری بر این ویژگی بگذارد و اثرهای محدود کننده کم آبیاری را کاهش داده و کارآیی مصرف آب را افزایش دهد. نتایج مثبت کاربرد بیوچار بویژه افزایش پتانسیل نگهداری آب در خاک به تنهایی نیز توانست بیشترین اثر را بر روی صفات ارتفاع گیاه ، قطر ساقه و عملکرد علوفه خشک گیاه داشته باشد. در الگوی‌کشت تک و دو ردیفه بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار الگوی‌کشت دو ردیفه (۵/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب) در حدود ۰/۱۵ درصد بیشتر از الگوی‌کشت تک ردیفه (۴/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب) بود. به نظر می‌رسد در الگوی کاشت دو ردیف روی به دلیل کاهش تعداد جویچه‌های آبیاری و همچنین کاهش سطح تبخیر، راندمان مصرف آب بالا رفته است لذا با توجه به محدودیت منابع آب، استفاده از سیستم آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و کاربرد بیوچار ۶ و ۱۲ تن در هکتار در مقایسه با تیمار شاهد جهت افزایش کارآیی مصرف آب مناسب به نظر می‌رسد.

منابع

بافکار، ع.، قمرنیا، ه. و طاهری‌تیزرو، ع. ۱۳۹۶. اصول آبیاری عمومی. چاپ سوم. ویرایش دوم. دانشگاه رازی، کرمانشاه. ایران. ۲۵۲ صفحه.

جلالی‌پور، س.، غلام علیزاده آهنگر، ا.، لکزیان، ا، و احمدزاده، غ. ۱۳۹۲. تأثیر کاربرد بیوچار بر برخی خصوصیات کمی گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در خاک‌های آلوده به کادمیوم. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. دومین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. ۱۴۷-۱۴۲.

سالمی، ح.، توکلی، ع. و حیدری، ن. ۱۳۹۳. اثرهای کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و تعیین بهره وری آب در شبکه آبیاری نکوآباد اصفهان. نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۶ (۴): ۸۶۹-۸۵۸.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

سبحانی، پ.، آقایاری، ف. و پاک‌نژاد، ف. ۱۳۹۶. تاثیر روش‌های مختلف کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. پنجمین کنفرانس بین المللی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط زیست و گردشگری، تهران، موسسه حامیان زیست اندیش محیط آرمانی.

سلیمانی‌جوان، س، عندلیبی، ب، و افصحی، ک. ۱۳۹۴. مقایسه عملکرد ذرت‌کار زیگزاگی با روش مرسوم در غلظت‌های مختلف کودروی (۱۳۹۵). پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه زراعت اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان. ۷۵ صفحه.

شمس، م. ۱۳۹۰. ارزیابی تحمل به تنش خشکی در اینبرد لاین‌های ذرت. پایان نامه دکتری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

ضیائیان، ع.، مرادی، ا.، زارعیان، غ. و حسینی، م. ۱۳۹۸. نقش تلقیح قارچ میکوریزا و کاربرد بیوچار بر فراهمی فسفر، رشد و عملکرد سورگوم و برخی خصوصیات شیمیایی خاک. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۴ (۳۳): ۴۸۳-۴۷۳.

عرب حسینی، ع.، اکبری، غ.ع.، سلطانی، ا.، نجفی، م. و اسدی‌الموتی، ع. ۱۳۹۸. اثر آرایش کاشت و دور آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای در پیشوا ورامین. مجله تولید گیاهان زراعی. ۲ (۱۲): ۱۵۶-۱۳۷.

فریدی، ف.، رمرودی، م.، گلوی، م.، سیاهسر، ب. و خاوری خراسانی، س. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر روش کاشت بر ویژگی های زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام شیرین و فوق شیرین ذرت (Zea mays L.) در شرایط شور. نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۵ (۲). ۱۹۷-۱۸۸.

کریمی، ز.، مهرابی، ع، ا.، براری، م.، و کاظمی، ا. ۱۳۹۱. تاثیر آبیاری جویچه‌ای یک در میان و روش کاشت بر عملکرد، کارایی مصرف آب و برخی از ویژگی‌های ذرت سیلویی SC260. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران، وزارت کشور.

کوچک‌دزفولی، م.، شکوه‌فر، ع.، لک، ش.، علوی‌فاضل، م. و مجدم، م. ۱۳۹۸. اثر زمان محلول‌پاشی پتاسیم و روی بر عملکرد دانه، ویژگی‌های مورفولوژیک و میزان عناصر. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱ (۴۴): ۱۱۱-۹۱.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

لشکری، ر.، فرحبخش، ح.، ناصر علوی، م. و محمدی‌نژاد، ق. ۱۳۹۵. تاثیر کودهای ازت، فسفر و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم رقم پگاه در شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. زراعت اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۶۴ صفحه.

ممبینی، ز.، خدارحم‌پور، ز. و معتمدی، م. ۱۳۹۶. بررسی اثر دوره‌ای مختلف آبیاری بر عملکرد و خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.). نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۳): ۱۱۹-۱۳۵.

موسوی، غ.، میرهادی، م.ج.، سیادت، ع.، نورمحمدی، ق. و درویش، ف. ۱۳۸۸. تاثیر تنش کم آبی و کود نیتروژن بر عملکرد و راندمان مصرف آب ارزن علوفه‌ای. مجله دانش نوین کشاورزی. ۱۵(۵): ۱۱۴-۱۰۱.

موسوی‌فر، ب.ب.ا.، بهدانی، م.د.، جامی الاحمدی، م. و حسینی بجد، م.س. ۱۳۸۹. اثر آبیاری محدود بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد بیولوژیکی ارقام گلرنگ بهاره. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۲ (۳) :۱۱۴-۱۰۵.

مولوی، ح.، محمدی، م. و لیاقت، ع. ا. ۱۳۹۰. اثر آبیاری کامل و یکدر میان جویچه‌ای بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارآیی مصرف آب گوجه فرنگی (*Super strain* B). نشریه دانش آب و خاک. ۳ (۲۱): ۱۲۶-۱۱۵.

Agbemafle, R., Owusu-Sekyere, J., Bart-Plange, A., Otchere, J. 2014. Effect of deficit irrigation and storage on physicochemical quality of tomato *(lycopersicon esculentum mill.* var. pechtomech). Food Science and Quality Management. 34: 113–120.

Akpa, S. I. C., Odeh, I. O. A. and Bishop, T. F. A. 2014. Digital mapping of soil particle - size fractions for Nigeria. Soil Science Society of America Journal. 78: 1953-1966.

Ali, S., Rizwan, M., Qayyum, M.F., Ok, Y.S., Ibrahim, M., Riaz, M., Arif, M.S., Hafeez, F., Al-Wabel, M.I., Shahzad, A.N. 2017. Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: a critical review. Environmental Science and Pollution Research. 24: 12700–12712.

Aller, D., Rathke, S., Larid, D., Cruse, R., Hatfield, J. 2017. Impacts of fresh and aged biochars on plant available water and water use efficiency. Geoderma. 307: 114–121.

Ballester, C., Castel, J., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. 2013. Response of Navel LaneLate citrus trees to regulated deficit irrigation: yield components and fruit composition. Irrigation Science. 31: 333–341.

Blaney, H. F., & Criddle, W. D. 1964. Determining water requirements for settling water disputes. Natural Research Journal. 4(1): 29-41.

Buss, W., Kammann C., Koyro H.W. 2012. Biochar Reduces Copper Toxicity in Chenopodium quinoa Willd in a Sandy Soil. Journal of Environmental Quality. 40: 1157-1165.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

Chan, K. Y., L. van Zwieten, I. Meszarous, A. Downie, and S. Joseph. 2008. Using poultry litter biochar as soil amendments. Soil Research. 46(5): 437–444.

Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Alling, V., Breedveld, G.D., Rutherford, D.W., Sparrevik, M., Hale, S.E., Obia, A., Mulder, J. 2013. Biochar effect on maize yield and soil characteristics in five conservation farming sites in Zambia. Agronomy. 3: 256–274.

Cosic, M., Djurovic, N., Todorovic, M., Maletic, R., Zecevic, B., Stricevic, R. 2015. Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of sweet pepper. Agricultural Water Management. 159: 139–47.

Dane, J.H., Hopmans, J.W., 2002. Pressure plate extractor. In: Dane JH, Topp GC, editor. Methods of soil analysis. Part 4. Physical methods. SSSA Book Series, vol. 5. Madison, WI: SSSA; 2002. p. 688–690.

Domene X., Mattana S., Hanley K., Enders A. and Lehmann J. 2014. Medium-term effects of corn biochar addition on soil biota activities and functions in a temperate soil cropped to corn. Soil Biology and Biochemistry. 72: 152-162.

Faridi, F., M. Ramrodi, M. Glavi, B. Sihsar, and S. Khavari. 2013. The effect of planting on agronomic characteristics, yield and yield components of sweet and super sweet corn in saline conditions. Journal of Agroecology. 5(2). 188-197. (In Persian).

Hasan, S. M., Rabei, S. H., Nada, R.M., and Abogadallah, G. M. 2016. Water use efficiency in the drought-stressed sorghum and maize. Biologia Plantarum. 61:127–137

Kang, S., Lianga, Z., Panb, Y., Shic, P. and Zhangd, J 2000. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. Agricultural Water Management. 45: 267-274.

Knowles O., Robinson B., Contangelo A. and Clucas L. 2011. Biochar for the mitigation of nitrate leaching from soil amended with biosolids. Science of the Total Environment. 409: 3206-3210.

Laghari, M., Mirjat, M.S., HU, Z., Fazal, S., Xiao, B., HU, M و.Chen, Z., Guo, D., 2015. Effects of iochar application rate on sandy desert soil properties and sorghum growth. Catena. 135: 313–320.

Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems a review. Mitigation and Adaption Strategies for Global Change. 11: 403-427.

Liang, B., Lehmann, J., Solomon D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B,. Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizo, F.J., Petersen J., Neves, E.G. 2006. Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. Soil Science Society of America.70:1719-1730.

Liu, F., Shahnazari, A., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., Andersen, M.N., Janowiak, F., Waligorski, P., 2008. Effects of deficit irrigation and partial root-zone drying onsoil and plant

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

water status, stomatal conductance, plant growth and water useefficiency in tomato during early fruiting stage. Proceedings of the FifthInternational Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. 792: 413–419.

Liu, Z., Chen, X., Jing, Y., Li Q., Zhang, J. and Huang, Q. 2014. Effects of biochar amendment on rapeseed and sweet potato yields and water stable aggregate in upland red soil. Catena. 123: 45-51.

Ma, N., Zhang, L., Zhang, Y., Yang, L., Yu, C., Tin, G., Diane, T.A. and Ma, X. 2016. Biochar Improves Soil Aggregate Stability and Water Availability in a Mollisol after Three Years of Field Application. PLOS One. 11(5): 1-10.

Paneque, M., De la Rosa, JM., Franco-Navarro, J D., Colmenero-Flores, JM., Knicker, H. 2016. Effect of biochar amendment on morphology, productivity and water relations of sunflower plants under non-irrigation conditions. Catena. 147: 280–287.

Parvizi, H., Sepaskhah, A.R., Ahmadi, S.H. 2016. Physiological and growth responses of pomegranate tree (*Punica granatum* L. cv. Rabab) under partial root zone drying and deficit irrigation regimes. Agricultural Water Management. 163: 146-158.

Patane, C., Tringali, S., Sortino, O., 2011. Effects of deficit irrigation on biomass,yield, water productivity and fruit quality of processing tomato undersemi-arid Mediterranean climate conditions. Scienta Horticulturae. 129: 590–596.

Patane, C., La Rosa, S., Pellegrino, A., Sortino, O., Saita, A., 2014. Water productivityand yield response factor in two cultivars of processing tomato as affected bydeficit irrigation under semi-arid climate conditions. Vii InternationalSymposium on Irrigation of Horticultural Crops. 1038: 449–454.

Payero, J.O., Tarkalson, D.D., Irmak, S., Davison, D. and Petersen, J.L. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry ass. Agricultural Water Management 96:1387– 1397.

Rallo, G., González-Altozano, P., Manzano-Juárez, J., Provenzano, G. 2017. Using field measurements and FAO-56 model to assess theeco-physiological response of citrus orchards under regulated deficitirrigation. Agricultural Water Management 180:136–147.

Robbiani, Z. 2013. Hydrothermal carbonization Biowaste/Fecal Sludge. Master thesis. Eidgenossisch technische hochule Zurich. Swiss federal instituite of technology Zurich.

Songsri, P., Jogloy, S., Holbrook, C.C., Kesmala, T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Patanothai, A. 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. Agricultural Water Management. 96 (5): 790-798.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

Younesi, A., and Sharif Zadeh. F., 2010. Effect of irrigation regime on yield and yield components and some characteristics of sorghum germination. ournal of Crop Sciences, 1 (41), pp. 195-187. (In Persian).

Zwart, K. and Hummelink, E. 2014. Effect of biochar on water retention in Interreg Biochar climate saving soils field trials. www.biochar-interreg4b.eu.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]