نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۲(۵۴)، تابستان ۱۳۹۹، صفحه ۲۷۴-۲۵۷

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2020.676142

اثر تنش کم‌آبی و کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سورگوم دانه‌ای

نوشین محمدزمانی[۱]، امیدعلی اکبرپور[۲*]، مانی مجدم[۳]، طیب ساکی‌نژاد[۳] و علیرضا شکوه‌فر[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۵

چکیده

گیاه سورگوم از جمله محصولات علوفه‌ای در تیره‌ی غلات است که به دلیل سازگاری با شرایط خشک و راندمان بالا در مصرف آب، می‌تواند در شرایط خشک و تنش خشکی عملکرد مطلوبی داشته باشد. تحقیق حاضر طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در خرم آباد روی گیاه سورگوم دانه‌ای اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده- فاکتوریل با ۴ تکرار و با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. فاکتور تنش از طریق قطع آبیاری در سه سطح، آبیاری نرمال- قطع آبیاری در مرحله رویشی و زایشی در کرت‌های اصلی بود. فاکتور فرعی به‌صورت فاکتوریل به صورت کود زیستی در سه سطح، مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک، مصرف کود زیستی ورمی‌کمپوست و مصرف تلفیق ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی و با دو رقم سپیده و کیمیا در کرت‌های فرعی اجرا شد. ابتدا تجزیه واریانس مرکب انجام گرفت که به دلیل معنی‌دار نبودن اثرات سال و اثرات متقابل سال در فاکتورهای مختلف، تجزیه واریانس بر اساس میانگین دو سال انجام شد. نتایج حاکی از معنی‌دار بودن تاثیر تنش و اثرات متقابل رقم با تنش و رقم با کود بر برخی صفات مورد اندازه‌گیری بود، به‌طوری‌که مشخص شد شاخص‌های کمّی، کیفی و فنولوژیکی گیاه سورگوم دانه‌ای در مرحله زایشی تحت تاثیر منفی تنش قرار گرفتند. از طرفی تاثیر کود ورمی کمپوست بر صفات مورد بررسی چشم‌گیر و مثبت برآورد گردید. رقم سپیده به استثنای صفت نسبت پروتئین، در مقایسه با رقم کیمیا، دارای تمامی صفات برتری بود. عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در مرحله رویشی در رقم سپیده حدود ۸ تن و در رقم کیمیا ۴/۳۶ تن در هکتار برآورد شدند. اما، در اثر اعمال تنش در مرحله زایشی، عملکرد دانه برای رقم سپیده ۷/۶۷ تن در هکتار و برای رقم کیمیا ۴/۴۵ تن در هکتار به‌دست آمد.

واژگان کلیدی: سورگوم دانه‌ای، تنش قطع آبیاری، ورمی‌کمپوست، رقم سپیده، رقم کیمیا.

۱- دانشجوی دکتری زراعت،واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۳- استادیار گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(نگارنده‌ی مسئول) akbarpour.oa@lu.ac.ir

مقدمه

سورگوم (*Sorghum bicolor* Moench) یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای تیره‌ی غلات است که به علت سازگاری با شرایط خشک و بالا بودن کارآیی مصرف آب می‌تواند در شرایط خشک عملکرد رضایت بخشی داشته باشد (Rafiei, 2014). از زمان‌های بسیار دور توده‌های بومی سورگوم در نواحی مرکزی، شرق و جنوب شرقی ایران کشت می‌شده است. این گیاهان در ایران باستان از طریق جاده ابریشم وارد کشور شده‌اند. در بیست سال اخیر سطح زیر کشت این گیاه در ایران افزایش یافته است. عملکرد سورگوم دانه ای بسته به ارقام مختلف، حاصلخیزی خاک، شرایط آب و هوایی از ۱ تا ۱۱ تن در هکتار متغییر است. متوسط عملکرد جهانی سورگوم دانه‌ای حدود ۱/۵ تن است، و در کشورهای توسعه یافته به میانگین ۴/۵ تن می‌رسد (Anonymous, 2020). عملکرد ارقام اصلاح شده در ایران بین ۴ تا 11 تن در هکتار گزارش شده است (Khazaei *et al*., 2018).

واکنش گیاهان به تنش خشکی به ماهیت کمبود آب وابسته است و می‌تواند به‌صورت پاسخ‌های فیزیولوژیکی به تنش خشکی کوتاه مدت (پاسخ کوتاه مدت)، تطابق غیر قابل توارث با سطح مشخصی از تنش خشکی (پاسخ میان مدت) و تطابق قابل توارث با خشکی (پاسخ بلند مدت) طبقه بندی شود. پاسخ کوتاه مدت به تنش آب با کاهش حداکثر جذب CO_2 همراه است. از جمله واکنش‌های میان مدت به تنش خشکی، تنظیم اسمزی به‌وسیله تجمع نمک‌های آلی و پاسخ بلند مدت به خشکی شامل الگوهای ژنتیکی پیچیده توده می‌باشد (Turgut *et al*., 2005). اثر یک دوره خشکی طولانی مدت بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مؤثر بر عملکرد بستگی به فاکتورهای زیادی دارد. این موضوع نه تنها بستگی به زمان خشکی در رابطه با چرخه زندگی گیاه و ظرفیت نگهداری آب در ناحیه ریشه دارد، بلکه به ویژگی‌های گیاه نیز وابسته است. گیاه تا حد ممکن از طریق مکانیسم‌های مختلف از جمله بستن روزنه‌ها، ضخیم شدن کوتیکول، کاهش سطح تعرق کننده‌ها، افزایش وزن و طول ریشه، جلوگیری از کاهش پروتئین، بالا نگهداشتن فتوسنتز و کاهش تنفس و تنظیم اسمزی می‌تواند در برابر خشکی مقاومت کند (Pandey *et al*., 2000). سورگوم گیاهی حساس به تنش آبی بوده که در طول دوره رویش مکانیسم‌های مختلف گیاه من جمله شاخص سطح برگ را متاثر می‌سازد (Rafiei, 2014). گیاه سورگوم تحت تیمار نیتروژن دارای رشد و نمو مطلوبی است به‌طوری که عملکرد و اجزای عملکرد آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Turget, 2010). سورگوم در شرایط آبیاری کافی به‌کودها به ویژه کود نیتروژنه واکنش خوبی نشان می‌دهد. درجه واکنش بستگی به حاصلخیزی ذاتی خاک و دیگر عوامل محدود کننده محیط دارد، سطح اقتصادی نیتروژن بین صفر تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار متفاوت است و بستگی به عوامل محیطی دارد. همچنین برخی نتایج افزایش عملکرد را در اثر نقش نیتروژن در تحریک ساخت آمینو اسیدها و هورمون‌های رشد می‌دانند. نیتروژن به‌صورت‌های نیترات (NO_3)، یون آمونیوم (NH_4^+) و اوره (NH_2CO_2) قابل جذب برای گیاه است. نیترات فرم اصلی نیتروژن در خاک بوده و فرم‌های NH_3 و NH_4^+ و اوره پس از مدتی کم و بیش کوتاه به‌صورت نیترات در می‌آیند. تبدیل این فرم‌ها به‌نیترات موجب آزاد شدن H^+ گشته و pH خاک را کاهش می‌دهد (Khajepour, 2008). کمپوست یک کود آلی

است که حاصل تغییر و تبدیل انواع پس ماندهای گیاهی و حیوانی در نتیجه فعالیت گروه‌های مختلف ریزجانداران بوده و یک کود بیولوژی محسوب می‌شود (Darzi *et al.*, 2011). ورمی‌کمپوست یک ماده آلی پیت مانند است که باعث نرمی بافت خاک و افزایش تهویه، جذب رطوبت و ظرفیت نگهداری آب می‌شود. کربن آلی موجود در ورمی‌کمپوست عناصر غذایی را به آرامی و به‌طور یکنواخت در سیستم ریشه گیاه آزاد کرده و گیاه را قادر به جذب آنها می‌نماید. ورمی‌کمپوست دارای ریز مغذی‌های مفید در راستای بهبود عملکرد گیاه می‌باشد که پس از تحت تاثیر قرار دادن میکروارگانیسم‌های خاک این ریزمغذی‌ها جهت استفاده گیاه فراهم می‌شوند (Khajepour, 2008). لذا، هدف این تحقیق، بررسی عملکرد و برخی صفات گیاه دو رقم سورگوم دانه‌ای در پاسخ به عوامل تنش خشکی، کودهای شیمیایی و زیستی ورمی‌کمپوست در منطقه خرم آباد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در منطقه معتدل خرم‌آباد با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده- فاکتوریل با ۴ تکرار و با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. فاکتور تنش از طریق قطع آبیاری در سه سطح شامل آبیاری نرمال، قطع آبیاری در مرحله رویشی و زایشی در کرت‌های اصلی قرار گرفت. تیمار قطع آبیاری در طی دوره رویشی در مرحله ۴ برگی تا مرحله تمایز رشد و تشکیل پانیکول بود. تیمار قطع آبیاری در مرحله زایشی عبارت بود از قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تا پایان گلدهی بود.

فاکتور کود زیستی شامل، مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک (جدول ۱)، مصرف کود زیستی ورمی‌کمپوست به میزان ۶ تن در هکتار و مصرف تلفیقی کود (کود زیستی ورمی‌کمپوست به میزان ۳ تن در هکتار و نیمی از کود شیمیایی توصیه شده) صورت گرفت. در خصوص ارقام سورگوم نیز دو رقم سورگوم دانه‌ای سپیده و کیمیا در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. ترکیب رقم با کود به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی انجام شدند. یکی از دلایل مهم استفاده از این دو رقم، کشت و کار و استفاده زارعین منطقه از این ارقام و همچنین سازگار بودن این دو رقم به شرایط منطقه خرم‌آباد بود. حجم فعالیت زیاد و تعدد فاکتورهای این تحقیق، مانع از بکارگیری ارقام بیشتر در این تحقیق شد.

هر کرت شامل ۴ خط کاشت به طول ۶ متر با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر بر اساس تراکم ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. فاصله بین تکرارها ۳ متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی سه متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی ۱ متر بود. کشت همزمان در دهه اول تیرماه صورت گرفت. در طول فصل رشد مراحل یادداشت برداری شد. در مرحله گلدهی حداکثر ارتفاع گیاه به تفکیک برگ و ساقه اندازه‌گیری شد، همچنین سطح تک برگ‌ها و ارتفاع هر برگ از سطح خاک به‌منظور بررسی توزیع عمودی سطح برگ همراه با LAI (شاخص سطح برگ) محاسبه گردید. در زمان برداشت، عملکرد دانه و بیولوژیک اندازه‌گیری شدند.

جهت انجام آزمایش‌های آماری از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ استفاده گردید همچنین با

استفاده از این نرم‌افزار آزمون نرمال بودن داده‌ها نیز انجام گرفت. سپس تجزیه واریانس داده‌ها با روش GLM انجام گرفت. برای مقایسات میانگین از روش LSD استفاده شد. برای بررسی ارتباط بین صفات از روش بای‌پلات استفاده شد. از نرم‌افزار R برای ترسیم بای‌پلات‌ها و روابط بین صفات و تیمارها استفاده شد.

نتایج و بحث

تمامی صفات مورد مطالعه در دو سال متوالی به‌صورت تجزیه مرکب در قالب طرح کرت-های خرد شده با در نظر گرفتن فاکتور تکرار و سال به‌صورت تصادفی و سایر فاکتورهای مستقل به‌صورت ثابت با استفاده از فرمان Mixed در نرم‌افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفتند (جدول ۲). اما به‌دلیل عدم معنی‌داری اثرات سال و اثر متقابل سال با سایر منابع تغییرات، از داده‌های دوساله میانگین گرفته شد و تجزیه و تحلیل بر اساس میانگین دو ساله برای تمامی صفات انجام گرفت (جدول ۳). تجزیه میانگین داده‌ها روی محیط‌ها در زمانی که اثر متقابل تیمار در محیط معنی‌دار نیست توسط مالوستی و همکاران (Malosetti *et al*., 2013) پیشنهاد شده است. نتایج تجزیه واریانس بر روی میانگین داده‌های دو سال بر اساس آزمایش کرت‌های خرد شده- فاکتوریل صفات مختلف نشان داد به استثنای صفات ارتفاع بوته ($p<0.01$) و تعداد روز تا گلدهی ($p<0.01$)، سایر صفات فاقد اثرات متقابل سه گانه (تنش در رقم در کود) معنی‌دار بودند. اثر متقابل کود در تنش به استثنای صفت ارتفاع بوته ($p<0.01$) و عملکرد علوفه ($P<0.05$) در سایر صفات تاثیر معنی‌داری نداشت. در صفات وزن صد دانه و شاخص سطح برگ، فقط اثر ساده تنش معنی‌دار بودند ($p<0.01$). در صفت تعداد بوته در واحد سطح نیز فقط رقم تاثیر معنی‌داری بر این صفت داشت ($p<0.01$). اثر متقابل رقم در کود بر روی صفات روز تا گلدهی، روز تا بلوغ، ارتفاع، درصد پروتئین، شاخص کلروفیل، طول خوشه، عملکرد و عملکرد علوفه تاثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل رقم در استرس در همه صفات به‌جز شاخص سطح برگ، تعداد بوته در واحد سطح و وزن صد دانه تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۳).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس و مقایسات میانگین اثر متقابل تنش در کود تاثیر زیادی از نظر توجیه درصد از واریانس کل بر صفات یادداشت برداری شده نداشت. عمده تغییرات مربوط به اثرات متقابل تنش در رقم و کود در رقم برای صفات مختلف بود. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش در رقم و کود در رقم به‌صورت در شکل‌های ۱ و ۲ برای صفات مختلف نشان داده شده‌اند. نتایج نشان داد که صفات فنولوژیکی مانند روز تا بلوغ و روز تا گلدهی عمدتاً تحت تاثیر رقم هستند تا شرایط تنش، اگرچه تنش در مرحله زایشی باعث افزایش طول دوره گلدهی و بلوغ گیاه می‌شود. رفیعی (Rafiei, 2014) بیان داشت که با افزایش تنش کم آبی در مرحله زایشی سورگوم توسعه گل‌آذین متوقف می‌شود و پس از آبیاری مجدد، گل‌آذین توسعه خود را از سر می‌گیرد ولی زمان بیشتری برای توسعه مرحله زایشی و در نتیجه رشد گیاه لازم است. در تحقیقات مختلفی اثر ژنوتیپ را در زمان گلدهی و زمان بلوغ مؤثر دانسته‌اند به‌طوری‌که (Pabendon *et al*., 2012) بیان داشت که زمان گلدهی در سورگوم بین ۵۰ تا ۹۰ روز متغیر می‌باشد. با بررسی اثر متقابل کود در رقم برای صفات روز تا گلدهی و روز تا بلوغ، رقم کیمیا زودرس‌تر از رقم سپیده بود و همچنین مصرف کود ورمی‌کمپوست

نتیجه بهتری برای زودرسی نسبت به دو تیمار کودی دیگر داشت. گزارش‌هایی مبنی بر پیشرفت قابل توجه رشد سورگوم از نظر ارتفاع گیاه و تعداد برگ در اثر اصلاح مواد آلی خاک وجود دارد. رشد محصولات زراعی به دلیل بهبود کیفیت خاک پس از تیمار با مواد آلی اصلاح شده افزایش یافته است (Steven, 2012; Pabendon *et al*., 2012). تیمار کود ورمی‌کمپوست روز تا سبز شدن را مقداری به تعویق انداخته که خود می‌تواند به علت دیر در دسترس قرار گرفتن مواد آلی برای رشد باشد بنابراین روز تا سبز شدن مقداری به کندی صورت می‌گیرد و همچنین تاثیر کود ورمی‌کمپوست در طول دوره رشد حاکی از بالابردن سرعت رشد گیاه و کاهش روز تا پایان گلدهی و تاریخ رسیدگی را دارد. رقم سپیده در تمامی صفات اقتصادی نتایج بهتری از خود نشان داد و دوره رویش سریع‌تر و کامل‌تری را از خود نشان داد. همچنین، کود ورمی‌کمپوست موجب نگهداری بیشتر آب در خاک شده که به نظر می‌رسد این امر باعث در دسترس قرار گرفتن آب بیشتر و در نتیجه افزایش رشد گیاه را تسریع کند که با نظر شمسی محمدآبادی و همکاران (Shamsi Mahmodabadi *et al*., 2012) همخوانی دارد.

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد علوفه سورگوم نیز تحت تاثیر اثر متقابل رقم در کود و رقم در تنش بود. به‌طوری‌که بیشترین مقدار صفات مذکور مربوط به رقم سپیده و کمترین مربوط به کیمیا بود. رقم سپیده دارای عملکرد دانه مشابه در هر سه تیمار کودی بود (شکل ۲). اگرچه عملکرد بیولوژیکی رقم سپیده در شرایط مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف NPK مشابه هم بود. عملکرد علوفه رقم سپیده و کیمیا هردو در تیمار کودی ورمی‌کمپوست بیشتر از سایر تیمارهای کودی بود. به نظر می‌رسد که کود ورمی‌کمپوست شرایط مناسبی را برای دو رقم مذکور فراهم کرده است. ورمی‌کمپوست دارای قدرت بالای جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی، و در نتیجه تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب می‌باشد و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک نظیر قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های موجود در ریزوسفر نظیر میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Arancon *et al*., 2004). در تحقیقی با عنوان تعیین بهترین تیمار ورمی‌کمپوست بر سورگوم دانه‌ای سپیده کاظمی (Kazemi, 2000) دریافت که بیشترین عملکرد علوفه خشک و تر با کاربرد ۸/۶۴ و ۵/۳ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد در حالی بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار نداشت، که با نتایج این تحقیق در تطابق بود. در تحقیق دیگری مشاهده شد که کاربرد کمپوست حاصل از کودهای مرغی ۲ تن در هکتار بیشترین عملکرد سورگوم را در مقایسه با دیگر کودهای دیگر داشت. این می‌تواند به دلیل کمبود نسبت کربن به نیتروژن کود مرغی و تأثیر تجزیه آن بر خاک باشد که منجر به آزادسازی زودهنگام مواد مغذی گیاه در خاک می‌شود (Shuaibu *et al*., 2018). این تحقیق مطابق با گزارش مذکور است و بیان داشته است که ماده آلی کمپوست نه تنها رشد محصول را افزایش می‌دهد، بلکه بازده مصرف نیتروژن را نیز افزایش می‌دهد. کود ورمی‌کمپوست شاید به دلیل تخلخل خاکی که ایجاد می‌کند باعث نفوذ بیشتر

ریشه در خاک و جذب حداکثری مواد معدنی و آلی شده که این امر می‌تواند برای کشاورزان منطقه توصیه گردد که با نظر رفیعی (Rafiei, 2014) مطابقت دارد. از طرفی کود ورمی‌کمپوست علاوه بر دارا بودن نیتروژن، سایر مواد مغذی و ریزمغذی را نیز دارا است که این امر می‌تواند باعث رشد رویشی و جذب بیشتر مواد مغذی گردد.

اثر تنش قطع آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم تاثیر معنی‌دار و منفی داشت به‌طوری‌که بیشترین میزان صفات عملکرد و اجزای عملکرد مربوط به تیمار بدون تنش بود. تنش در مرحله رویش باعث گردید که صفاتی همچون عملکرد بیولوژیک، عملکرد علوفه تر و ارتفاع کاهش یافته و بیشترین کاهش در مرحله قطع در دوره زایشی اتفاق افتاد. همچنین، تنش در مرحله زایشی موجب کاهش عملکرد دانه، درصد پروتئین، کاهش شاخص سطح برگ و کاهش شاخص کلروفیل گردید. تنش در گیاه باعث ایجاد بحران شده و در نهایت کاهش عملکرد را به همراه دارد که با نتایج علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al*., 2008) در گیاه ذرت مطابقت داشت. تاثیر کود بر صفاتی همچون عملکرد بیولوژیک، عملکرد علوفه تر و میزان ماده خشک معنی‌دار بود به‌طوری‌که تیمار ورمی‌کمپوست حاوی بیشترین میانگین علوفه تر بود و تیمار کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست حایز بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک بود که تاثیر مثبت کود ورمی‌کمپوست نمایانگر می‌باشد. همچنین، کمترین مقادیر عددی صفات مذکور در تیمار کودی تلفیق دو کود مشاهده گردید. تاثیر رقم نیز بر عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار بود به‌طوری که بیشترین مقادیر به‌دست آمده در خصوص صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد علوفه تر، عملکرد دانه و ارتفاع در رقم سپیده به‌دست آمد. نتایج حاکی از تاثیر پذیری صفات عملکرد بیولوژیک، علوفه تر نسبت به اثر متقابل تنش و رقم بود، به‌طوری‌که بیشترین مقادیر در تیمار بدون تنش و رقم سپیده حاصل شد که این امر نشان‌دهنده تاثیر منفی تنش بر عملکرد و اجزای عملکرد می‌باشد و از سوی دیگر با توجه به کمترین مقادیر عملکرد بیولوژیک و عملکرد علوفه تر که مربوط به تنش در مرحله رویش و رقم کیمیا و همچنین مقادیر کمتر عملکرد دانه در تیمار تنش در مرحله زایشی و رقم کیمیا بود می‌توان به حساس بودن رقم کیمیا تحت شرایط تنش در منطقه اشاره داشت که با نظر دهقان هراتی و همکاران (Dehghan Harati *et al*., 2009) که اذعان داشت رقم کیمیا به‌عنوان رقم متحمل به تنش شناسایی نشد، مطابقت دارد. عملکرد تحت تاثیر عوامل مختلفی است که در روش‌های چند متغیره می‌توان توضیح داد ولی دلایل اینکه کود ورمی‌کمپوست تاثیر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد داشته است شاید به دلیل وجود ریزمغذی‌ها و نقش مهم آنها در این مقوله باشد. برای درک بهتر روابط صفات و تیمارهای مورد استفاده از نمودارهای دوجهی (Biplot) در این تحقیق استفاده شد. روش جی‌تی بای پلات ابزاری توانمند برای ارزیابی و شناسایی تیمار و یا ژنوتیپ‌های مطلوب از لحاظ چند صفت باشد. تجزیه دووجهی، همبستگی بین صفات را به صورت تصویری نمایش می‌دهد و ارزیابی تیمارها بر پایه چندین صفت را میسر می‌سازد. این روش همچنین اطلاعاتی ارایه می‌دهد که با آن می‌توان انتخاب غیرمستقیم برای صفت وابسته مانند عملکرد انجام داد. از روش یادشده برای تجزیه دو وجهی روی گیاهان دیگر استفاده شده است

(Gholizadeh *et al.*, 2018). نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی دو بعدی برای ارقام (کیمیا و سپیده) و صفات مختلف (یا تیمار و صفت (Trait-Treatment

در شکل ۳ حاکی از این بود که دو مؤلفه اول (C1 =67.2% و PC2=15.4%) و در مجموع ۸۲/۶ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه کردند. برای تفسیر روابط بین صفات و تیمارها از نمودار دو وجهی نمرات دو مؤلفه اول استفاده شد. طول و زاویه بین بردارهای صفات و همچنین تیمارها (نماینده تیمار با یک علامت بزرگ‌تر از تکرارها نشان داده شده است) نشان‌دهنده ارتباط بین صفات با همدیگر و همچنین تیمارها در یک نمودار دو بعدی است به طوری که کسینوس زاویه بین صفات تا حدودی بیانگر ارتباط بین دو صفت در صفحه دو بعدی می‌باشد. اگر دو صفت همبستگی بالایی با هم داشته باشند زاویه آنها به سمت صفر میل می‌کند و ارتباط قوی بین آنها وجود دارد. در شکل ۳ بردار روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی همبستگی بالایی با هم نشان دادند. اکثر صفات با عملکرد دانه همسو و هم‌جهت بودند و نشان از همبستگی متوسط تا بالای این صفات بسته به زاویه منفرجه تا حاده با عملکرد داشتند. همان‌طور که در شکل مذکور نشان داده شده است به‌طورکلی تمامی تکرارهای رقم کیمیا و سپیده در داخل یک هذولی محدود کننده با اطمینان ۹۵٪ احتمال در بر گرفته شده‌اند. این دو هذلولی با اطمینان ۹۵٪ هیچ‌گونه همپوشانی با همدیگر نداشتند که نشان از رفتار متفاوت صفات در دو رقم سپیده و کیمیا در این تحقیق دارد. به طوری‌که رقم سپیده در جهت صفات اقتصادی مهم قرار گرفته است در حالی‌که رقم کیمیا در جهت صفات فنولوژیک قرار گرفته و بیانگر افزایش صفات روز تا گلدهی و روز تا بلوغ در رقم کیمیا نسبت به رقم سپیده بود. به نظر می‌رسد که این دو رقم برای شناسایی ژن‌های مرتبط با صفات یادداشت شده مکمل خوبی برای تلاقی در برنامه‌های اصلاحی باشند. شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه و درصد پروتئین در حد متوسط بوده و به‌دلیل زاویه ۹۰ درجه، ارتباط ضعیفی با عملکرد دانه داشتند.

در شکل ۴ نمودار دو بعدی صفات و تیمار تنش نشان داده شده است، این نمودار به خوبی ارتباط بین صفات با تیمارهای تنش را بیان می‌کند به‌طوری‌که تمامی صفات به استثناء تعداد بوته در متر مربع با تیمار تنش در مرحله زایشی رابطه معکوس داشته‌اند. به نظر می‌رسد چون تشکیل بوته قبل از اعمال تنش‌ها به‌وجود آمده است، تنش تاثیر زیادی بر این صفت نداشته است. از طرفی صفت عملکرد در محدوده مرزی هر سه تیمار تنش بوده است که دلیل این امر می‌تواند اثر متقابل رقم در تنش باشد و همچنین پیچیدگی این صفت در مقابل تنش‌های مختلف باشد. از آنجایی‌که اثر متقابل تنش در رقم اثر معنی‌دار در جدول ۳ تجزیه واریانس داشت لذا نمودار دوبعدی اثر متقابل تنش در رقم با صفات یادداشت‌برداری شده نیز در شکل ۵ ترسیم شد. در این نمودار (شکل ۴) تیمار آبیاری در بالای نمودار و به صورت همبسته با بیشتر صفات قرار گرفته است و تیمار تنش در مرحله رویشی نیز در حد واسط بین دو تنش مرحله زایشی و نرمال قرار گرفته است. به‌نظر می‌رسد که قطع آبیاری در مرحله رویشی تاثیر ملایم‌تری نسبت به قطع آبیاری در مرحله زایشی داشته است. دلیل احتمالی این می‌تواند باشد که گیاه توانسته است، کمبود آب و جبران خسارت ناشی از تنش قطع آبیاری در

مرحله رویشی را زودتر از قطع آبیاری در مرحله زایشی جبران نماید. به‌طورکلی، میزان LAI گیاه با تنش در مرحله زایشی و تنش در مرحله رویشی همبستگی منفی داشته و با افزایش این تنش‌ها سطح برگ کاهش شدید داشته است. در شکل ۵ نیز نمودار دو بعدی اثر متقابل تنش در رقم با صفات مختلف نشان داده شده است. این نمودار به خوبی ارقام وتنش‌ها را به صورت مجزا در نمودار دو بعدی گروه‌بندی کرده است و ارتباط هر گروه را با صفات مختلف نمایش داده است. به‌طوری‌که تنش نرمال و قطع آبیاری در مرحله رویشی در رقم سپیده همپوشانی بالایی با همدیگر داشته‌اند. به نظر می‌رسد که تنش در مرحله رویشی به‌ویژه برای رقم سپیده مشابه هم عمل نموده‌اند و می‌توان برای این رقم در صورت محدودیت آب آبیاری تنش در مرحله رویشی را اعمال کرد، زیرا گیاه قادر به جبران خسارت ناشی از این تنش بوده است. صفات فنولوژیک روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی در رقم کیمیا در تنش در مرحله رویشی افزایش بیشتری نسبت به دو تیمار آبیاری دیگر داشته‌اند که نشان از تاثیر تنش مرحله رویشی با افزایش دوره رشد این رقم داشته است. این نتایج با نتایج شکل ۲ نیز در توافق بود. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید که تنش قطع آبیاری بر بسیاری از صفات گیاه سورگوم دانه‌ای تاثیرگذار بود به‌طوری‌که بهترین و مطلوب‌ترین شرایط در تیمار بدون تنش قرار داشت (با متوسط ۷/۱۹ تن در هکتار). تنش در مرحله زایشی بر صفات مورفولوژیکی و صفات کمی تاتیر منفی داشت و این در حالی بود که تنش در مرحله رویشی تاثیر کمتری نسبت به تنش در مرحله زایشی داشت. به‌عنوان مثال عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در مرحله رویشی در رقم سپیده حدود ۸ تن بود و در رقم کیمیا ۴/۳۶ تن در هکتار، اما در تنش در مرحله زایشی برای رقم سپیده ۷/۶۷ تن در هکتار و برای رقم کیمیا ۴/۴۵ تن در هکتار بود که نشان‌دهنده اثر متقابل تنش در رقم بود (شکل ۱). به‌طور کلی در اکثر صفات اندازه‌گیری شده تاثیر مثبت و معنی‌دار کود ورمی‌کمپوست مشهود و محسوس بود که نسبت به سایر تیمارهای کودی تاثیر مطلوب‌تری نشان می‌داد. در این تحقیق در تمامی صفات به‌جز درصد پروتئین دانه، رقم سپیده عملکرد مطلوب‌تری از خود نشان داد (شکل ۱و ۲). از مهم‌ترین دلایل این امر می‌توان به پاسخ مناسب رقم سپیده به شرایط محیطی خرم‌آباد اشاره کرد. با توجه به نتایج حاصل شده، بیشترین منابع تغییرات صفات مختلف عمدتاً ناشی از اثر رقم بود و این فاکتور تاثیر بسیار زیادی بر نتایج گذاشت و فاکتورهای دیگر مانند تنش و کودهای استفاده شده عمدتاً تحت‌الشعاع اثرات رقم قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که رقم سپیده رقم برتری از نظر تمامی صفات اقتصادی به استثنا پروتئین دانه بود. همچنین، قطع آبیاری در مرحله زایشی اثرات جبران ناپذیری بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به قطع آبیاری در مرحله رویشی داشت. استفاده از کودها اگرچه در این تحقیق بر صفات مختلف تاثیر معنی‌داری داشت اما بسته به نوع صفت اثرات متقابل متفاوتی مشاهده شد. برای عملکرد علوفه کود ورمی‌کمپوست اثر مثبت و معنی داری داشت اما برای عملکرد دانه عمدتاً کود شیمیایی NPK و مخلوط NPK + ورمی‌کمپوست اثر برتری نسبت به کود ورمی کمپوست داشتند.

جدول ۱-عناصر تشکیل دهنده کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده

Table 1- The components of Vermicompost fertilizer used

C/N	Ca(ppm)	Mn(ppm)	B(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Fe٪	K٪	P٪	N٪
12/37	3.37	299.4	75.15	44.55	65.2	0.62	0.81	0.81	1.85

ادامه جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش

Continued of Table 1- The characteristics of soil of experiment

بافت خاک	**آهک٪**	pH	EC	Br(ppm)	Zn(ppm)	Mn(ppm)	Fe%	K%	P(ppm)	N%	C%
رسی-شنی	1.23	7.8	0.5	0.28	0.48	1	1.2	0.52	8	0.130	1.42

ادامه جدول ۱- عناصر تشکیل دهنده کود شیمیایی NPK

Continued of Table 1- The Components of NPK Chemical Fertilizer

سایر عناصر٪	K%	P%	N%
۴۰	20	20	20

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف گیاه سورگوم به روش کرت‌های خرد شده –فاکتوریل

Table 2- Combined Split-factorial analysis of variances of different traits of Sorghum

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	روز تا گلدهی Day to Flowering	روز تا بلوغ Day to Maturity	ارتفاع Height	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	اجزا خطا Error term
سال (Year)	1	0.009^{ns}	0.001^{ns}	0.082^{ns}	0.01^{ns}	0.039^{ns}	(Rep(Year)) + (Year×Fert) + (Year×Cultivar) - (Year×Fert×Cultivar) - (Residual)
خطای۱ (Rep/Year)E1	6	0.047	0.132	0.104	0.017	0.061	--
تنش(Stress)	2	168.881^{*}	880.314^{**}	289.756^{**}	3536.218^{**}	5.266^{ns}	(Rep(Year×Stress) + (Year×Stress×fert) + (Year×Stress×Cultivar) - (Year×Stress×Fert×Cultivar) - (Residual)
تنش×سال (Year×Stress)	2	0.112^{ns}	0.161^{ns}	0.175^{ns}	0.08^{ns}	0.022^{ns}	(Rep(Year×Stress)) +(Year×Stress×Fert) +(Year×Stress×Cultivar) - (Year×Stress×Fert×Cultivar) - (Residual)
تکرار درون سال × تنش Rep(Year×Stress)E_2	12	0.089	0.045	0.093	0.096	0.062	--
کود(Fert)	2	0.857^{ns}	69.117^{**}	23.093^{**}	1705.76^{**}	0.07^{*}	(year×fert)
رقم(Cultivar)	1	144.548^{**}	19551^{**}	4965.7^{**}	41435^{**}	0.038^{ns}	(Year×Cultivar)
کود ×رقم (Fert×Cultivar)	2	0.195^{ns}	10.836^{*}	3.46^{ns}	473.1^{**}	0.014^{ns}	(Year×Fert×Cultivar)
تنش × کود (Stress×Fert)	4	0.126^{ns}	0.138^{*}	0.221^{*}	2.584^{**}	0.017^{ns}	(Year×stress×Fert)
تنش ×رقم (Stress×Cultivar)	2	76.05^{**}	179.79^{**}	43.957^{**}	540.58^{**}	0.146^{ns}	(Year×stress×Cultivar)
تنش ×کود×رقم (Stress×Fert×Cultivar)	4	0.152^{ns}	0.385^{ns}	0.166^{ns}	1.211^{**}	0.055^{ns}	(Year×Stress×Fert×cultivar)
سال×کود (Year×Fert)	2	0.196^{ns}	0.084^{ns}	0.045^{ns}	0.011^{ns}	0.002^{ns}	(Residual)
سال×رقم (Year×Cultivar)	1	0.004^{ns}	0.024^{ns}	0.131^{ns}	0.354^{ns}	0.001^{ns}	(Year×Fert×Cultivar) + (Year×Stress×Cultivar) - (Year×Stress×Fert×cultivar)
سال×کود×رقم (Year×Fert×Cultivar)	2	0.101^{ns}	0.228^{ns}	0.185^{ns}	0.005^{ns}	0.046^{ns}	(Year×Stress×Fert×cultivar)
سال×تنش×کود (Year×Stress×Fert)	4	0.064^{ns}	0.021^{ns}	0.02^{ns}	0.029^{ns}	0.071^{ns}	(Year×Stress×Fert×cultivar)
سال×تنش×رقم (Year×Stress×Cultivar)	2	0.665^{ns}	0.072^{ns}	0.001ns	0.226ns	0.018ns	(Year×Stress×Fert×cultivar)
سال×تنش×کود×رقم (Year× Stress ×Fert×Cultivar	4	0.122ns	0.14^{ns}	0.079^{ns}	0.054^{ns}	0.061^{ns}	Residual
خطای ۳ ($Error_3$)	90	0.102	0.099	0.083	0.099	0.069	

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشند.

ns, *, ** are non-significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

ادامه جدول ۲-

Table 2- Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	نسبت پروتئین Protein Percent	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	تعداد بوته در واحد سطح No. of Plant per Meter	طول خوشه Ear Length	وزن ۱۰۰ دانه Weight 100 Seed	عملکرد دانه Grain Yield	عملکرد علوفه Forage Yield
سال (Year)	1	0.137^{ns}	0.053^{ns}	0.034^{ns}	0.07^{ns}	0.134^{ns}	0.314^{ns}	0.067^{ns}
خطای۱ (Rep/Year)E1	6	0.089	0.057	0.049	0.056	0.066	0.174	0.123
تنش(Stress)	2	19.247**	108.578**	0.065^{ns}	67.881**	0.357^{ns}	18.565**	2.887^{ns}
تنش×سال (Year×Stress)	2	0.022^{ns}	0.361^{ns}	0.057^{ns}	0.066^{ns}	0.025^{ns}	0.083^{ns}	0.004^{ns}
تکرار درون سال × تنش Rep(Year×Stress)E_2	12	0.055	0.219	0.099	0.081	0.085	0.024	0.112
کود(Fert)	2	5.027*	7.901**	0.141^{ns}	7.887**	0.015^{ns}	0.52^{ns}	7.344**
رقم(Cultivar)	1	66.71**	1331.087**	210.955*	210.211*	0.06^{ns}	423.241*	50.269*
کود ×رقم (Fert×Cultivar)	2	1.182*	0.639*	0.057^{ns}	1.464*	0.017*	1.982^{ns}	1.458**
تنش × کود (Stress×Fert)	4	0.123^{ns}	0.128^{ns}	0.091^{ns}	0.151^{ns}	0.115^{ns}	0.098^{ns}	0.244*
تنش ×رقم (Stress×Cultivar)	2	2.25*	1.641**	0.095^{ns}	15.516**	0.087^{ns}	0.618**	0.293^{ns}
تنش ×کود×رقم (Stress×Fert×Cultivar)	4	0.08^{ns}	0.05^{ns}	0.148^{ns}	0.13^{ns}	0.117^{ns}	0.012^{ns}	0.028^{ns}
سال×کود (Year×Fert)	2	0.199^{ns}	0.002^{ns}	0.072^{ns}	0.008^{ns}	0.034^{ns}	0.036^{ns}	0.029^{ns}
سال×رقم (Year×Cultivar)	1	0.005^{ns}	0.06^{ns}	0.145^{ns}	0.065^{ns}	0.005^{ns}	0.148^{ns}	0.239^{ns}
سال×کود×رقم (Year×Fert×Cultivar)	2	0.012^{ns}	0.009^{ns}	0.065^{ns}	0.032^{ns}	0.001^{ns}	0.155^{ns}	0.013^{ns}
سال×تنش×کود (Year×Stress×Fert)	4	0.099^{ns}	0.101^{ns}	0.096^{ns}	0.101^{ns}	0.069^{ns}	0.129^{ns}	0.036^{ns}
سال×تنش×رقم (Year×Stress×Cultivar)	2	0.066ns	0.01ns	0.229^{ns}	0.124^{ns}	0.025^{ns}	0.005^{ns}	0.335^{ns}
سال×تنش×کود×رقم (Year× Stress ×Fert×Cultivar	4	0.049^{ns}	0.217^{ns}	0.051^{ns}	0.185^{ns}	0.067^{ns}	0.042^{ns}	0.048^{ns}
خطای ۳ ($Error_3$)	90	0.062	0.092	0.117	0.075ns	0.099	0.081	0.082

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشند.

ns, *, ** are non-significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مختلف گیاه سورگوم به روش کرت‌های خرد شده–فاکتوریل میانگین دو ساله

Table 3- Split-factorial analysis of variances of different traits of sorghum

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	روز تا گلدهی Day to Flowering	روز تا بلوغ Day to Maturity	ارتفاع Height	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	نسبت پروتئین Protein Percent
تنش(Stress)	2	84.441**	440.157**	144.878**	1768.109**	2.633**	9.624**
تکرار(Replication)	3	0.007^{ns}	0.01^{ns}	0.093^{ns}	0.015^{ns}	0.059^{ns}	0.082^{ns}
تکرار ×تنش Replication × Stress	6	0.029	0.032	0.037	0.082	0.035	0.017
کود(Fertilizer)	2	0.429**	34.559**	11.547**	852.868**	0.035^{ns}	2.513**
رقم(Cultivar)	1	72.274**	9775.69**	2482.851**	20717.37**	0.019^{ns}	33.355**
کود×رقم (Fertilizer ×Cultivar)	2	0.097^{ns}	5.418**	1.73**	236.55**	0.007^{ns}	0.591**
تنش×کود(Stress× Fertilizer)	4	0.063^{ns}	0.069^{ns}	0.11^{ns}	1.292**	0.008^{ns}	0.061^{ns}
تنش×رقم (Stress × Cultivar)	2	38.025**	89.894**	21.979**	270.288**	0.073^{ns}	1.125**
تنش ×کود×رقم (Stress× Fertilizer ×Cultivar)	4	0.076^{ns}	0.192**	0.083^{ns}	0.605**	0.027^{ns}	0.04^{ns}
خطا(Error)	45	0.062	0.046	0.045	0.042	0.032	0.033

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشند.

ns, *, ** are non-significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

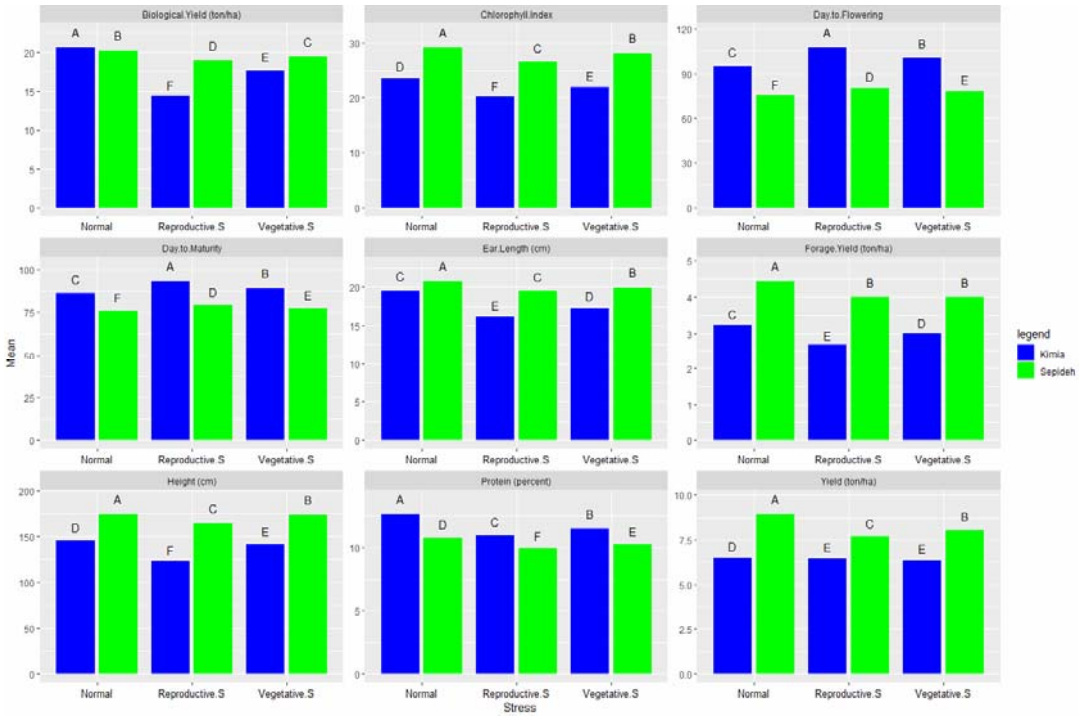
ادامه جدول ۳-

Table 3- Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	تعداد بوته در واحد سطح No. of Plant per Meter	طول خوشه Ear Length	وزن ۱۰۰ دانه Weight 100 Seed	عملکرد دانه Grain Yield	عملکرد علوفه Forage Yield
تنش(Stress)	2	54.289**	0.033^{ns}	33.941**	0.179*	9.282**	1.444**
تکرار(Replication)	3	0.042^{ns}	0.026^{ns}	0.025^{ns}	0.054^{ns}	0.051^{ns}	0.121^{ns}
تکرار ×تنش Replication × Stress	6	0.021	0.039	0.049	0.029	0.011	0.072
کود(Fertilizer)	2	3.951**	0.071^{ns}	3.943**	0.007^{ns}	0.26**	3.672**
رقم(Cultivar)	1	665.544**	105.478**	105.105**	0.03^{ns}	67.621**	25.134**
کود×رقم (Fertilizer ×Cultivar)	2	0.319**	0.029^{ns}	0.732**	0.009^{ns}	0.991**	0.729**
تنش×کود(Stress× Fertilizer)	4	0.064^{ns}	0.046^{ns}	0.075^{ns}	0.057^{ns}	0.049^{ns}	0.122*
تنش×رقم (Stress × Cultivar)	2	0.82**	0.047^{ns}	7.758**	0.043^{ns}	0.309**	0.147*
تنش ×کود×رقم (Stress× Fertilizer ×Cultivar)	4	0.025^{ns}	0.074^{ns}	0.065^{ns}	0.059^{ns}	0.006^{ns}	0.014^{ns}
خطا(Error)	45	0.059	0.051	0.034	0.048	0.037	0.045

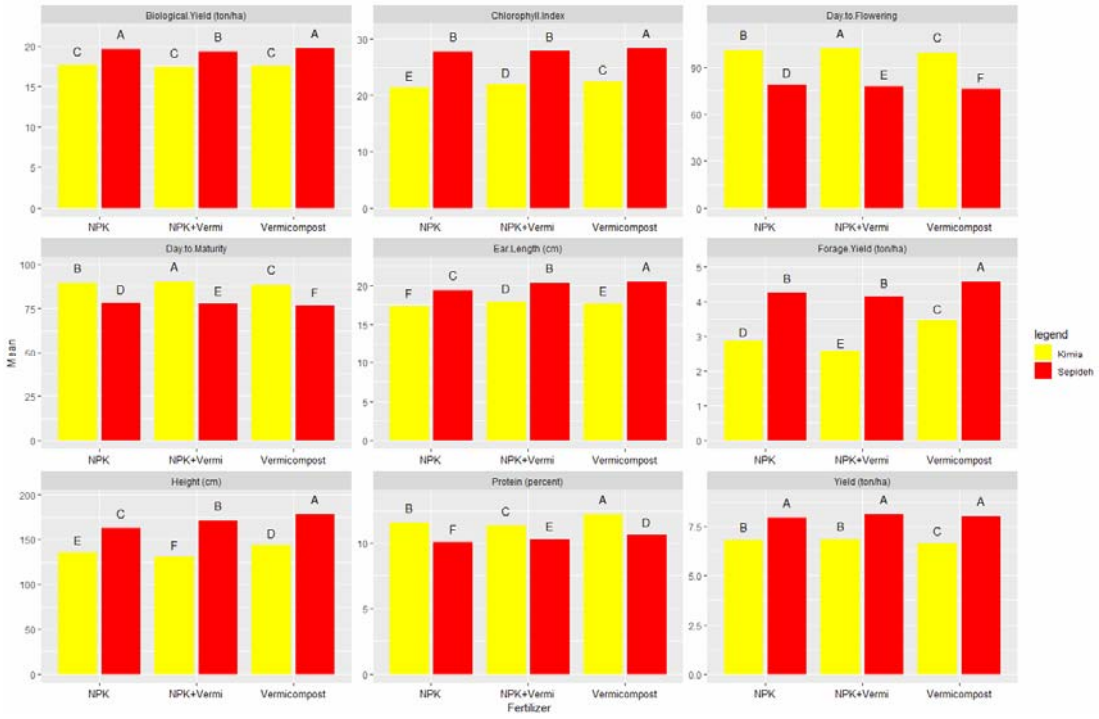
ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشند.

ns, *, ** are non-significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively



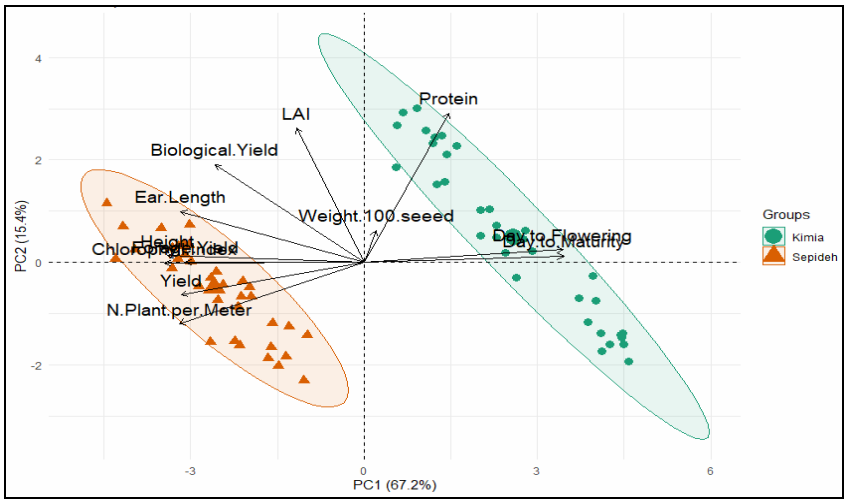
شکل ۱- نمودار اثر متقابل تنش در رقم در صفاتی از سورگوم که دارای اثر متقابل معنی‌دار بودند

Figure 1- Bar diagram for interaction of stress ×cultivar of different traits which had significant effects



شکل ۲- نمودار اثر متقابل کود در رقم در صفاتی از سورگوم که دارای اثر متقابل معنی‌دار بودند

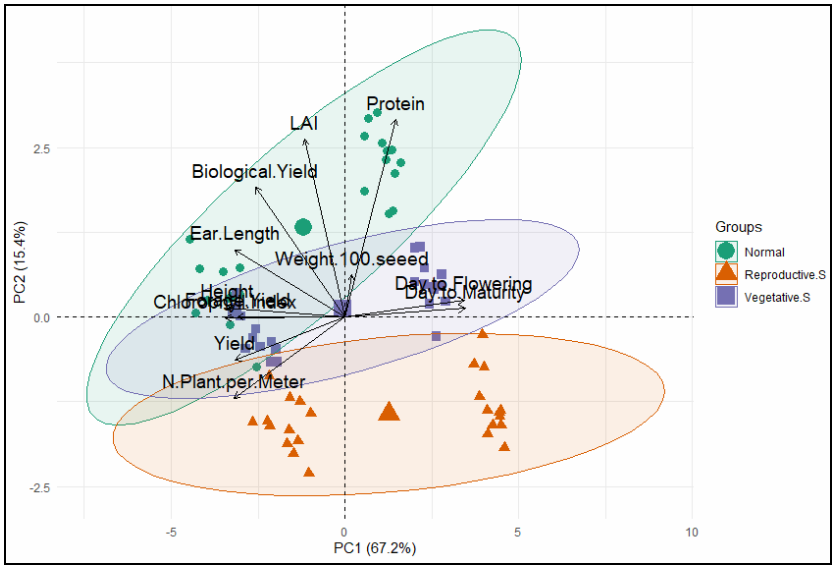
Figure 2- Bar diagram for interaction of fertilizer ×cultivar of different traits which had significant effects



شکل ۳- نمودار دو وجهی صفات مختلف و ارقام سورگوم

Figure 3- Biplot graph of different traits of sorghum with cultivar

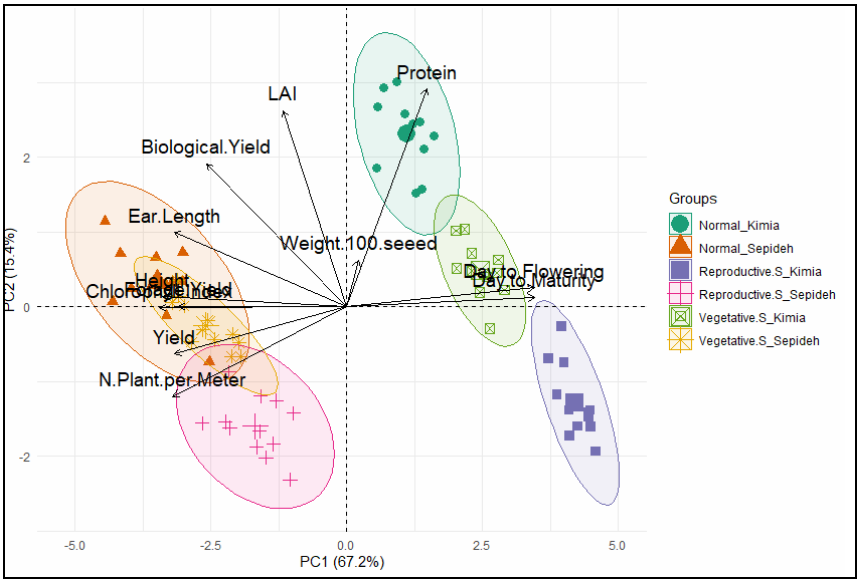
عملکرد بیولوژیک (Biological.Yield)؛ روز تا گلدهی (Day.to.Flowering)؛ روز تا بلوغ (Day.to.Maturity)؛ ارتفاع (Height)؛ شاخص سطح برگ (LAI)؛ نسبت پروتئین (Protein)؛ شاخص کلروفیل (Chlorophyll Index)؛ تعداد بوته در واحد سطح (N.Plant.per.Meter)؛ طول خوشه (Ear.Length)؛ وزن ۱۰۰ دانه (Weight.100.Seed) عملکرد دانه (Grain.Yield) و عملکرد علوفه (Forage.Yield)



شکل ۴- نمودار دو وجهی صفات مختلف و تیمارهای تنش در سورگوم

Figure 4- Biplot graph of different traits of sorghum with stress treatments

عملکرد بیولوژیک (Biological.Yield)؛ روز تا گلدهی (Day.to.Flowering)؛ روز تا بلوغ (Day.to.Maturity)؛ ارتفاع (Height)؛ شاخص سطح برگ (LAI)؛ نسبت پروتئین (Protein)؛ شاخص کلروفیل (Chlorophyll Index)؛ تعداد بوته در واحد سطح (N.Plant.per.Meter)؛ طول خوشه (Ear.Length)؛ وزن ۱۰۰ دانه (Weight.100.Seed) عملکرد دانه (Grain.Yield) و عملکرد علوفه (Forage.Yield)



شکل ۵- نمودار دو وجهی صفات مختلف و تیمارهای تنش در رقم سورگوم

Figure 5- Biplot graph of different traits of sorghum with stress treatments by cultivar

عملکرد بیولوژیک (Biological.Yield)؛ روز تا گلدهی (Day.to.Flowering)؛ روز تا بلوغ (Day.to.Maturity)؛ ارتفاع (Height)؛ شاخص سطح برگ (LAI)؛ نسبت پروتئین (Protein)؛ شاخص کلروفیل (Chlorophyll Index)؛ تعداد بوته در واحد سطح (N.Plant.per.Meter)؛ طول خوشه (Ear.Length)؛ وزن ۱۰۰ دانه (Weight.100.Seed) عملکرد دانه (Grain.Yield) و عملکرد علوفه (Forage.Yield)

References منابع مورد استفاده

- Alizadeh, O., E. Majede, H.A. Nadian, and Gh. Normohamadi. 2008. Effect of water stress and different nitrogen rate on phenology, growth and development of corn. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 14: 24-32. (In Persian).
- Anonymous. 2020. FAO, FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. http://www.fao.org/faostat/en/.
- Arancon, N., C.A. Edwards, P. Bierman, C. Welch, and J.D. Metzger. 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. *Plant Biology and Pathology*. 327(7): 639-648.
- Darzi, M., M. Hadjseyed Hadi, and F. Rejali. 2011. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research.* 26(4): 452-465. (In Persian)
- Dehghan Harati, H., S.A. Tabatabaei, and K. Rasouli. 2009. Study of yield potential of maize in different times in Khatam-yazd. *Crop Physiology*. 1(3): 71-80.
- Gholizadeh, A., H. Dehghani, and O. Akbarpour. 2018. Study on trait relations of wheat genotypes using the Biplot method. *Iranian Journal of Field Crop Science.* 49 (3): 121-136. (In Persian).
- Khajepour, M.R. 2008. *The principle of agronomy*. (2th ed) Jihad-Daneshghahi, Isfahan University of Technology Press. Isfahan, Iran. 398 pp. (In Persian).
- Kazemi, H. 2000. Determination of the best vermicompost treatment on seed sorghum. *Dehati*. 2: 8-12.
- Khazaei, A., F. Golzardi, A. Baghdadi and H. Soori. 2018. Effect of drought stress on yield of promising lines and cultivars of grain sorghum. 15th National Iranian Crop Science Congress. Karaj, Iran. (In Persian).
- Malosetti, M., J.M. Ribaut, and F.A. van Eeuwijk. 2013. The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. *Frontiers in Physiology*. 4(44): 1-17.
- Pabendon, M.B., M. Aqil, and S. Mas'ud. 2012. Study of biofuel sources based on sweet sorghum. *Crop Science Technology*. 7: 123-129.
- Pandey, R.K., J.W. Maranville, and M.M. Chetima. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*. 46(1): 15-27.
- Turgut, U. Bilgili, A. Duman and E. Acikgoz. 2005. Production of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) increases with increased plant densities and nitrogen fertilizer levels. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science*. 55 (3): 236-240.
- Rafiei, M. 2014. Effects of water, zinc and phosphorus deficiency stress on growth indicators and qualitative and quantitative yield of maize. PhD Thesis in Crop Physiology. Islamic Azad University, Ahvaz Science and Research Branch, Ahvaz, Iran. (In Persian).

- Shamsi Mahmodabadi, H., Z. Heydari, and S.A. Tabatabaei. 2012. The effect of quantitative and qualitative characteristics of sorghum seed performance on planting date and density of shrub in Maybod. *Plant and Ecosystem*. 8(32): 75-88.
- Shuaibu, Y.M., A.S. Fagam, and S. Kawure. 2018. Effects of poultry manure based compost and NPK fertilizer on the growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L. moench) in Bauchi State Nigeria. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 2(2): 16-24.
- Steven, L.M. 2012. Impact of waste materials and organic amendments on soil properties and vegetative performance. *Applied and Environmental Soil Science*. ID 907831: 1-11.
- Turget, J. 2010. Production of sweet sorghum increase with increased plant densities and nitrogen fertilizer levels. *Acta Agricalture Sconinavic (a) Section B, Plant Soil Science*. 55(3): 236 – 240.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2020.676142

Effects of Water Deficit Stress and Biological and Chemical Fertilizers on Yield and Yield Components of Two Sorghum Cultivars

Nushin Mohamadzamani[1], Omidali Akbarpour[2*], Mani Mojaddam[3], Tayeb Sakinejad[3], and Alireza Shokuhfar[3]

Received: December 2019 , Revised: 16 January 2020, Accepted: 3 February 2020

Abstract

Sorghum (Sorghum bicolor Moench) is one of the most important forage crops in the cereal family. Due to its adaptation to arid condition and high-water use efficiency, it may produce satisfactory seed yields in arid conditions. The present study was conducted in Khorramabad province during two crop years of 2016 - 2017. The experiment was conducted in a randomized complete block design with split-factorial arrangement with four replications. The stress factor was assigned to main plots through three levels of irrigation, normal irrigation, and irrigation at vegetative and reproductive stages, and sub-factor to subplots, consisted of three levels of biofertilizer, soil NPK application, soil vermicompost application, and vermicompost and chemical fertilizer combining with Sepideh and Kimia cultivars. Initially, combined analysis of variance was performed. Due to the lack of significant year effect and its interaction effects by different factors, analysis of variances was performed on two years data. The effects of stress and the interaction effects of cultivar by stress and fertilizer on some traits were measured. It was found that the quantitative, qualitative and phonological indices of sorghum were directly negatively affected by stress at the reproductive stage. On the other hand, the effect of vermicompost fertilizer on the studied traits was significant and positive. Sepideh possessed the highest vahues for those traits except for protein percent, in comparison to Kimia. Grain yield was about 8 ton at irrigation-interrupt during vegetative stage for Sepideh and 4.36 $t.ha^{-1}$ for Kimia, but grain yield at irrigation-interrupt during reproductive stage was 7.67 and 4.45 $t.ha^{-1}$ for Sepideh and Kimia, respectively.

Key words: Seed sorghum, Irrigation stress, Vermicompost, Sepideh, Kimia.

1- Ph.D. Student of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2- Assistant Professor. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad, Iran.
3-Assistant Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
**Corresponding Author: akbarpour.oa@lu.ac.ir*