تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences

مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی
جلد ششم، شماره اول، نیمه اول ۹۲
۳۶-۲۷

بررسی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم سورگوم علوفه‌ای، تحت تنش کم آبی و سطوح نیتروژن

نغمه مقیمی[۱]، یحیی امام[*۲]

۱ و ۲. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۱

چکیده

به منظور بررسی صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم سورگوم علوفه‌ای، تحت تنش کم آبی و سطوح نیتروژن، پژوهشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۰، در ایستگاه تحقیقات زراعی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شیراز (باجگاه)، انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد. تنش کم آبی به عنوان عامل اصلی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه)، سطوح کود نیتروژن به عنوان عامل فرعی (۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) و دو رقم سورگوم علوفه‌ای پگاه و KFS_2 به عنوان عامل فرعی فرعی، در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که، تنش کم آبی باعث کاهش معنی‌دار سرعت رشد و شاخص سطح برگ در طول فصل رشد و در زمان برداشت، عملکرد علوفه تر و وزن علوفه خشک گردید. در مقابل، مصرف کود نیتروژن باعث افزایش معنی دار صفات مذکور گردید. بین دو رقم از نظر ویژگی‌های مورفولوژیک و برخی صفات مورد بررسی تفاوت هایی وجود داشت، به طوری که رقم پگاه از لحاظ سرعت رشد محصول، عملکرد علوفه تر و وزن علوفه خشک، برتری داشت، در حالی که رقم KFS_2، شاخص سطح برگ بالاتری را نشان داد. نتایج همچنین حاکی از این بود که افزایش رطوبت و نیتروژن خاک، تاثیر قابل توجهی در افزایش تولید علوفه‌ی سورگوم در پی دارد؛ در مجموع، بهترین برهمکنش پیشنهادی برای مناطق مشابه با پژوهش حاضر، آبیاری کامل و تامین ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، در رقم پگاه، می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: **سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، عملکرد علوفه خشک، سرعت رشد نسبی**

مقدمه

سورگوم (*Sorghum bicolor* Var. Sudenense) از مهمترین گیاهان زراعی غذایی، در مناطق حاره‌ای نیمه-خشک می‌باشد، زیرا تحت شرایط خشکی شدید، یا گرمای شدید، به خوبی محصول تولید می‌کند (George and Fahey, 1994). در سال ۲۰۰۹ میلادی، تولید جهانی آن ۵۶ میلیون تن بوده که از مساحتی معادل ۳۹/۹ میلیون هکتار به دست آمده است (FAO, 2009) . طبق آخرین داده‌های آماری، سطح زیر کشت این گیاه در ایران و در سال ۸۵، معادل ۱۶ هزار هکتار بوده که عملکردی حدود ۱/۲ میلیون تن را در پی داشته است (FAO, 2009) .

کمبود منابع آب، افزایش غیر منطقی کاربرد کودهای شیمیایی، تامین علوفه مورد نیاز برای دام ها و جلوگیری از تخریب مراتع از جمله دلایلی هستند که ایجاب می‌کنند تا تغییراتی در استراتژی کشت گیاهان علوفه‌ای و مدیریت کاربرد آب و کود شیمیایی به وجود آید. این تغییرات باید با هدف افزایش راندمان مصرف این دو نهاده‌ی با ارزش و جایگزین کردن محصولات علوفه‌ای با پتانسیل عملکرد زیاد و سازگار با شرایط آب و هوایی کشور، صورت گیرد. به طور کلی آب یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در عملکرد است و تنش خشکی در گیاهان علوفه‌ای سبب کاهش سرعت رشد، کاهش سطح برگ و نهایتاً کاهش تولید می‌شود (Stone, etal., 1982). مطالعات زیادی در مورد تاثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد گیاهان علوفه‌ای در مناطق مختلف انجام شده است. در همین رابطه، کهن‌مو و مظاهری

نگارنده پاسخگو: یحیی امام. آدرس: شیراز، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش زراعت و اصلاح نباتات، کد پستی ۷۱۴۴۱-۶۵۱۸۶
پست الکترونیک: yaemam@shirazu.ac.ir

(Kohanmoo and Mazaheri, 2003)، در بررسی تاثیر فواصل آبیاری، بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای به این نتیجه رسیدند که فواصل آبیاری ۷ و ۱۲ روز، نسبت به فواصل آبیاری ۱۷ و ۲۲ روز، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد می‌گردد. معاونی و حیدری (Moaveni and Heidari, 2004)، سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید را در سه دور آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روز، مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که علوفه‌ی تر در سطوح آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روز، در یک گروه قرار داشتند، در حالی که پس از خشک کردن، میزان علوفه‌ی خشک در سطح آبیاری اول، (۳۷/۱۳ تن در هکتار) بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. هابی اریمانا و همکاران (Habyarimana et al., 2004)، نشان دادند که تحمل به خشکی در ارقام سورگوم، ممکن است به مکانیسم اجتناب از خشکی آنها که به سیستم ریشه‌ای عمیق‌تر آنها مربوطمی‌شود، وابسته باشد که به آنها اجازه می‌دهد رطوبت خاک را از لایه‌های عمیق‌تر خاک جذب کنند.

حاصلخیزی خاک، از عوامل محیطی بسیار مهم در تعیین کمیّت و کیفیت تولید گیاهان زراعی می‌باشد. از آنجا که در بسیاری از مناطق کشت سورگوم، رطوبت عامل محدودکننده‌تری است، این امر منجر به این نتیجه‌گیری نادرست می‌شود که سورگوم به کود واکنش چندانی نشان نمی‌دهد، لیکن در شرایط آبیاری کافی، سورگوم به کودها، به ویژه کود نیتروژن، به خوبی واکنش نشان می‌دهد (Emam, 2007). استفاده از این عنصر در یک مقدار مطلوب و مناسب موجب بالا رفتن عملکرد علوفه و بهتر شدن کیفیت آن از نظر پروتئینی شده و میزان چربی و سلولز را در گیاه به مقدار جزئی افزایش می‌دهد (Nour-Mohammadi et al., 2010). بیارت و رُی (Beyaert and Roy, 2005) پس از مطالعه‌ی تاثیر مقادیر صفر تا ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای، اظهار داشتند که عملکرد و کارایی مطلوب نیتروژن با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، به دست آمد. بیرچ و اش (Birch and Ash, 1989) گزارش کردند که در صورت پایین بودن نیتروژن خاک و فراهم بودن شرایط مطلوب رشد از جمله درجه حرارت و آب، گیاه می‌تواند بیشترین واکنش را نسبت به نیتروژن داشته باشد.

هدف از مطالعه ی حاضر، ارزیابی اثرات مقادیر مختلف کود نیتروژن و سطوح مختلف تنش کم آبی بر صفات مورفوفیزیولوژیک، عملکرد علوفه تر و ماده‌ی خشک و سایر خواص زراعی دو رقم سورگوم علوفه‌ای پگاه و KFS_2 در منطقه‌ی باجگاه، در استان فارس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر تنش کم آبی و سطوح مختلف کود نیتروژن‌دار بر عملکرد و صفات زراعی دو رقم سورگوم علوفه‌ای، آزمایش مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۰، در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در منطقه‌ی باجگاه (عرض جغرافیایی ′۳۶ °۲۹ شمالی و طول جغرافیایی ′۳۲ °۵۲ شرقی و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا)، انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد. تنش کم آبی به عنوان عامل اصلی و در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه)، نیتروژن به عنوان عامل فرعی و در سه سطح (۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) و دو رقم سورگوم علوفه‌ای (رقم داخلی پگاه و KFS_2) به عنوان عامل فرعی فرعی بودند.

قطعه زمین آزمایشی قبل از کشت سورگوم، به صورت آیش بود و جهت آماده‌سازی زمین، ابتدا در پائیز شخم زده شد و سپس در بهار به منظور خرد شدن بقایا، دو دیسک عمود برهم نیز زده شد، کشت به صورت دستی و در اواسط خرداد ماه انجام شد. روش کاشت به صورت جوی و پشته و با فواصل بین ردیف و روی ردیف ۱۰×۶۰ انتخاب شد. عمق کاشت بذر، ۳ تا ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، فاصله‌ی بین هر دو کرت فرعی فرعی ۱/۲ متر (معادل ۲ پشته‌ی ۶۰ سانتی‌متری، به منظور جلوگیری از نفوذ آب و نیتروژن به کرت‌های مجاور) در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۳ متر بود. اولین مرحله‌ی مصرف کود نیتروژن، در زمان کشت (۱۴ خرداد ماه)، به زمین داده شد. در این مرحله، یک سوم، میزان تعیین شده به زمین اضافه شد، دومین مرحله مصرف کود نیتروژن در زمان ظهور نقطه‌ی تمایز رشدی (ظهور ناحیه‌ی نموی انتهایی در سطح خاک؛ ۲۲ مرداد ماه)، به زمین داده شد که در این مرحله تمام دو سوم باقی مانده به صورت سرک به کرت‌ها اضافه شد و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. اعمال تنش‌های کم‌آبی از زمان ساقه رفتن شروع شد. برای بررسی شاخص سطح برگ و سرعت رشد مطلق و نسبی، ۶ مرحله نمونه‌برداری در طول فصل رشد (اولین نمونه

برداری ۲۰ روز پس از کشت) انجام شد. در هر نمونه‌برداری، ۴ بوته از هر تیمار برداشت و با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، شاخص سطح برگ مشخص شد. سپس برای به دست آوردن سرعت رشد مطلق و نسبی، نمونه‌های برداشت شده در دمای $75^{o}C$، به مدت ۷۲ ساعت خشک و با ترازوی دقیق توزین گردیده و با فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

$$RGR= (Ln\ W_2-LnW_1).(T_2-T_1) \quad [۱]$$

$$CGR= 1/GA(W_2-W_1).(T_2-T_1) \quad [۲]$$

که در این معادله‌ها، W، وزن خشک؛ T، زمان نمونه برداری و GA سطح زمین می‌باشند (Koocheki and Sarmadnia, 1999).

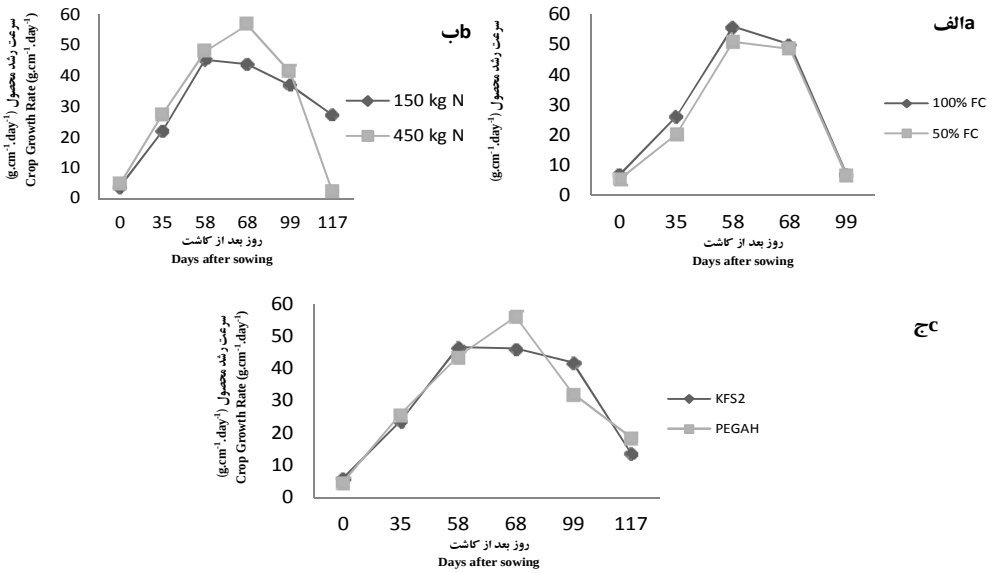
به منظور تعیین عملکرد علوفه تر و خشک در زمان شیری شدن دانه‌ها، از هرکرت، با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای، مساحت ۱ متر مربع به طور کامل برداشت شد. بلافاصله وزن تر علوفه اندازه‌گیری شد و پس از دو هفته در معرض هوای آزاد قرار گرفتن، وزن خشک علوفه نیز اندازه-گیری شد.

داده های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

سرعت رشد محصول(CGR): بین ارقام، از نظر سرعت رشد محصول،تا ۵۰ روز پس از کاشت، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید، اما پس از آن تغییرات محسوس شده، به نحوی که رقم KFS_2، تقریبا ۵۵روز پس از کاشت به حداکثر رشد خود، به میزان ۴۶/۶۷ گرم در متر مربع در روز، رسید، در حالیکه رقم پگاه همچنان به روند صعودی خود ادامه داد و تقریبا ۷۰ روز پس از کاشت به حداکثر رشد خود، به میزان ۵۶/۱۴ گرم در متر مربع در روز، رسید (شکل ۱). به طور کلی، سرعت رشد محصول زیاد، به معنی تجمع ماده‌ی خشک زیاد و عملکرد بیشتر می‌باشد؛ بنابراین، ارقامی که سرعت رشد محصول بیشتری دارند و روند نزولی آنها دیرتر شروع می‌شود در نهایت عملکرد علوفه‌ی بیشتری خواهند داشت.

کاهش نیتروژن باعث شد تا گیاهان سریعتر ، و با میزان کمتر، به حداکثر رشد خود برسند، به طوریکه در تیمار بیشترین میزان نیتروژن، گیاهان دیرتر به حداکثر رشد خود رسیدند و بیشینه رشد بیشتری داشتند.

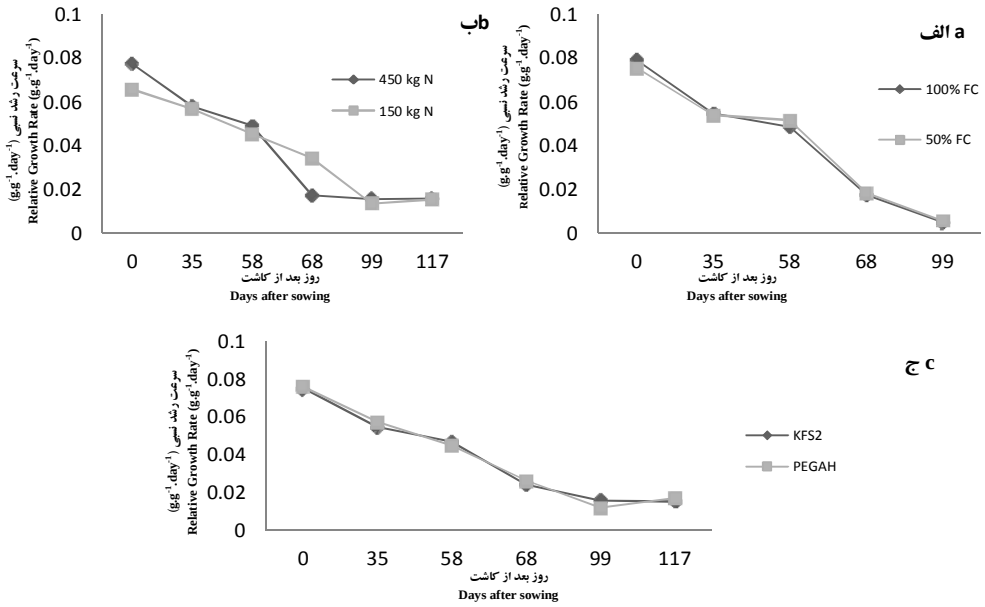


شکل ۱. تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در بین (الف) سطوح تنش آبی، (ب) مقادیر نیتروژن، و (ج) رقم‌های سورگوم علوفه‌ای

Fig. 1. Trends of crop growth rate (CGR) under different (a) water stress regimes, (b) nitrogen levels, and (c) forage sorghum cultivars.

به طور کلی، ارقامی که در مدت طولانی‌تری به حداکثر سرعت رشد خود برسند، می‌توانند در مناطقی که محدودیت عوامل تولید، به ویژه عوامل اقلیمی مؤثر در رشد وجود نداشته باشد در زمره ارقام پرمحصول مطرح شوند. به نظر می‌رسد در منطقه‌ی باجگاه، که از لحاظ اقلیمی، شرایط ایده‌آل رشد برای سورگوم وجود ندارد، هرچه گیاه سریعتر به حداکثر رشد خود برسد، آهنگ رشد، با سرعت کمتری کاهش خواهد یافت و گیاه تولید مناسب‌تری خواهد داشت (Moghimi, 2011).

سرعت رشد نسبی (RGR): با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی، به صورت خطی کاهش یافت (شکل ۲)، به طور کلی، شیب خط منحنی سرعت رشد نسبی، بیانگر سرعت تجمع ماده ی خشک می باشد، در مجموع، منحنی سرعت رشد نسبی رقم پگاه، نسبت به رقم KFS_2، از شیب تندتری برخوردار بود، یعنی تجمع ماده‌ی خشک آن، سرعت بیشتری داشت، که این موضوع از عملکرد علوفه‌ی بالاتر این رقم، مشخص بود. از طرف دیگر می‌توان نتیجه گرفت که بین شیب منحنی سرعت رشد نسبی و خواص کیفی علوفه، رابطه‌ی عکس وجود دارد، به عبارتی هرقدر شیب منحنی سرعت رشد نسبی تندتر باشد، نسبت بافت-های ساختمانی به بافت‌های فتوسنتز کننده، بیشتر شده و هر چه این نسبت بیشتر باشد، کیفیت علوفه پایین‌تر خواهد بود (Emam and Niknejad, 2011). این موضوع در بررسی نسبت برگ به ساقه نیز مشخص شده است. دیگر محققان نیز، نتایج مشابهی در تایید این مطلب گزارش نموده‌اند (Howelletal., 2007; Paknejad etal., 2001).

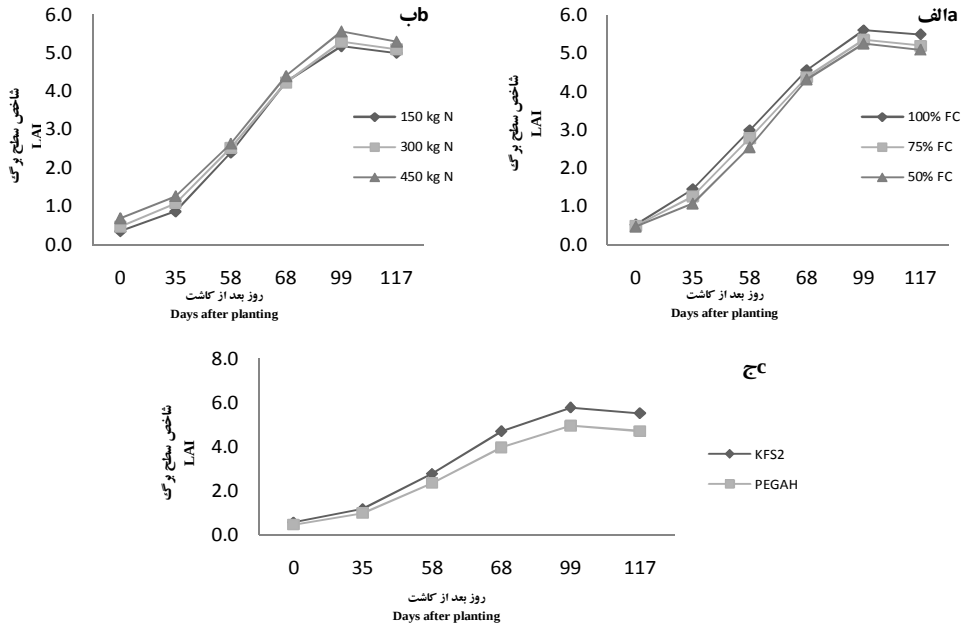


شکل ۲. تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) در بین (الف) سطوح تنش آبی، (ب) مقادیر نیتروژن، و (ج) رقم‌های سورگوم علوفه‌ای
Fig. 2. Trends of relative growth rate (RGR) under different (a) water stress regimes, (b) nitrogen levels, and (c) forage sorghum cultivars.

شاخص سطح برگ: منحنی‌های مندرج در شکل ۳، شاخص سطح برگ را به ترتیب در تیمارهای تنش کم آبی، نیتروژن و در دو رقم نشان می‌دهند. تمامی تیمارها روند مشابه داشتند، حداکثر LAI تقریبا ۱۰۰ روز بعد از سبز شدن، حاصل گردید، یعنی زمانی که آخرین برگ ظاهر شده و گل آذین در انتهای ساقه آشکار شده است. سرعت رشد و افزایش سطح برگ در هفته های اول کاشت (تقریبا تا هفته‌ی پنجم)، بسیار کند بود. بروز تنش کم آبی در زمان حداکثر شدن LAI اثر چندانی نداشت، بلکه تنها در میزان LAI موثر بود؛ یعنی در تمام تیمارهای تنش، زمان رسیدن

سطح برگ به حداکثر خود، تقریبا مشابه، و تنها تفاوت در میزان LAI حداکثر بود که با تشدید تنش، این میزان کاهش پیدا کرد. این نتایج در تحقیقات ولد آبادی و همکاران(Valadabadi et al., 2000)، نیز حاصل شده است. با افزایش میزان نیتروژن، میزان شاخص سطح برگ نیز افزایش معنی‌داری پیدا کرد. در شرایط مطلوب رشد، در تابش و دمای مناسب، کاربرد کود نیتروژن تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر آهنگ توسعه‌ی برگ (بیشتر از طول دوره) و اندازه‌ی نهایی برگ دارد (Emam and Niknejad 2011). کاربرد نیتروژن همچنین باعث افزایش دوام سطح برگ می‌گردد؛ نتایج مشابهی توسط تربتی‌نژاد و همکاران گزارش شده است (Torbatinejad et al., 2002). افزایش تنش کم آبی باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ گردید، که می‌توان آن را به کاهش دوام سطح برگ در اثر تنش کم آبی و خشک شدن برگ‌ها نسبت داد. کاهش سطح برگ بیشتر حاصل کاهش تعداد برگ بود تا کاهش اندازه‌ی هر برگ، که این نتیجه در پژوهش انجام شده توسط چپمن و وست گیت (Chapman and Westgate, 1993) نیز حاصل شده است.

در بررسی میانگین داده‌ها، برهم‌کنش تنش کم آبی و سطوح نیتروژن نشان داد که استفاده از سطح بالای نیتروژن قابلیت جبران تنش کم آبی را دارد به طوری که بیشترین شاخص سطح برگ از تیمار ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه و ۴۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به دست آمد که با تیمارهای ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره و ۴۵۰ کیلوگرم کود اوره، تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کاربرد ۴۵۰ کیلوگرم کود اوره حتی توانست اثر تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی را نیز تعدیل کند و میزان سطح برگ را تا حد تیمارهای اخیر افزایش دهد. از نتایج حاضر پیداست افزایش نیتروژن تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر دوام سطح برگ دارد و می‌تواند اثر تنش کم آبی را تا حدی تعدیل کند. علت این امر را احتمالاً می‌توان به نقش نیتروژن در گیاه نسبت داد، زیرا در شرایط تنش کم آبی، غلظت پروتئین‌های محلول در آب (نظیر پرولین‌ها)، در سلول افزایش یافته، در نتیجه پتانسیل اسمزی منفی‌تر شده و در نهایت جذب آب افزایش می یابد (Emam and Niknejad, 2011).



شکل ۳. روند تغییرات شاخص سطح برگ در بین (الف) سطوح تنش آبی، (ب) مقادیر نیتروژن، و (ج) رقم‌های سورگوم علوفه‌ای

Fig. 3. Seasonal trends of leaf area index (LAI) under different (a) water stress regimes, (b) nitrogen levels, and (c) forage sorghum cultivars.

جدول ۱. جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد بررسی در دو رقم سورگوم علوفه‌ای

Table 1.Analysis of variance for different traits in two forage sorghum cultivars.

			میانگین مربعات				
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ LAI	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield	وزن علوفه خشک Forage dry weight
Replication	تکرار	2	1.53**	11.19**	14.22**	0.89	0.009
Water stress (A)	تنش آبی (A)	2	2.0017*	53.74**	469.78**	986.00**	1014.00**
Error A	خطای (A)	4	4.003	0.22	0.47	2.89	4. 67
Nitrogen (B)	نیتروژن (B)	2	3.23*	75.015**	637.31**	474.17**	459.02
A×B interaction	اثر متقابل A×B	4	0.097	3.45**	61.04**	37.26**	37.64**
Error B	خطای (B)	12	6.46	3.4	0.22	2.67	0.44
Cultivar (C)	رقم (C)	1	10.14**	46.09**	591.16**	53.94**	56.18**
A×C interaction	اثر متقابل A×C	2	0.305	11.46**	53.13**	63.87**	71.61**
B×C interaction	اثر متقابل B×C	2	0.105	3.4**	126.54**	35.67**	7.55*
A×B×C interaction	اثر متقابل A×B×C	4	0.02	3.13**	81.33**	21.75**	63.28**
Error C	خطای (C)	18	10.14	6.8	4.001	20	12
CV (%)	*ضریب تغییرات*		*8.25*	*16.74*	*3.5*	*12.4*	*17.29*

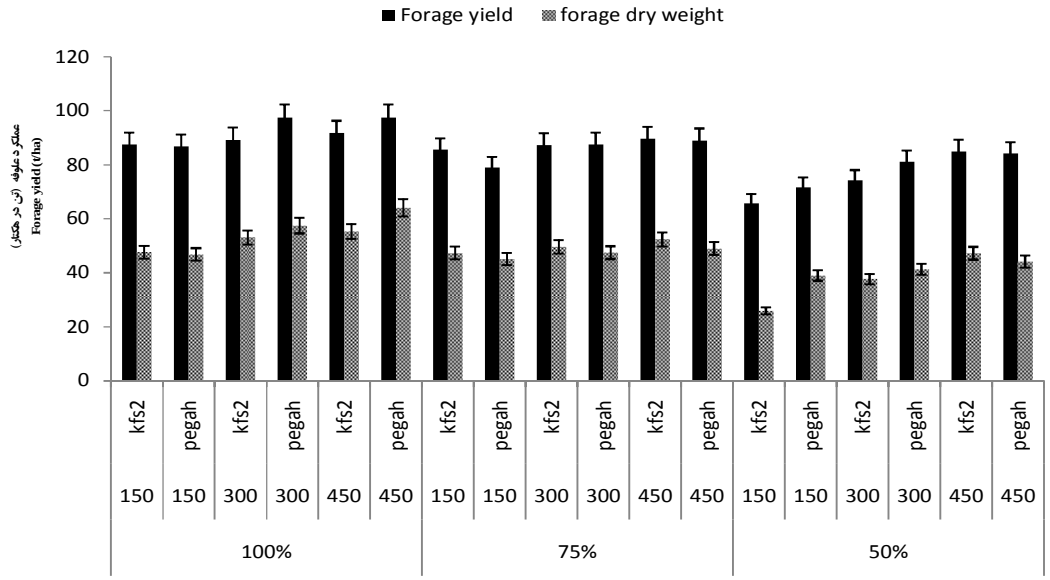
*و**: به ترتیب معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در رقم نیز نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۶/۷۹ به آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم KFS_2 تعلق گرفت؛ همچنین شاخص سطح برگ هر دو رقم با کاهش سطح آبیاری دچار افت محسوس گردید. سایر (Sayer, 1994) در همین رابطه اظهار عقیده کرد که تنش آبیاری بر شاخص سطح برگ و سرعت رشد آن اثر منفی داشته و این شاخص را ۲۰ درصد کاهش داده است.

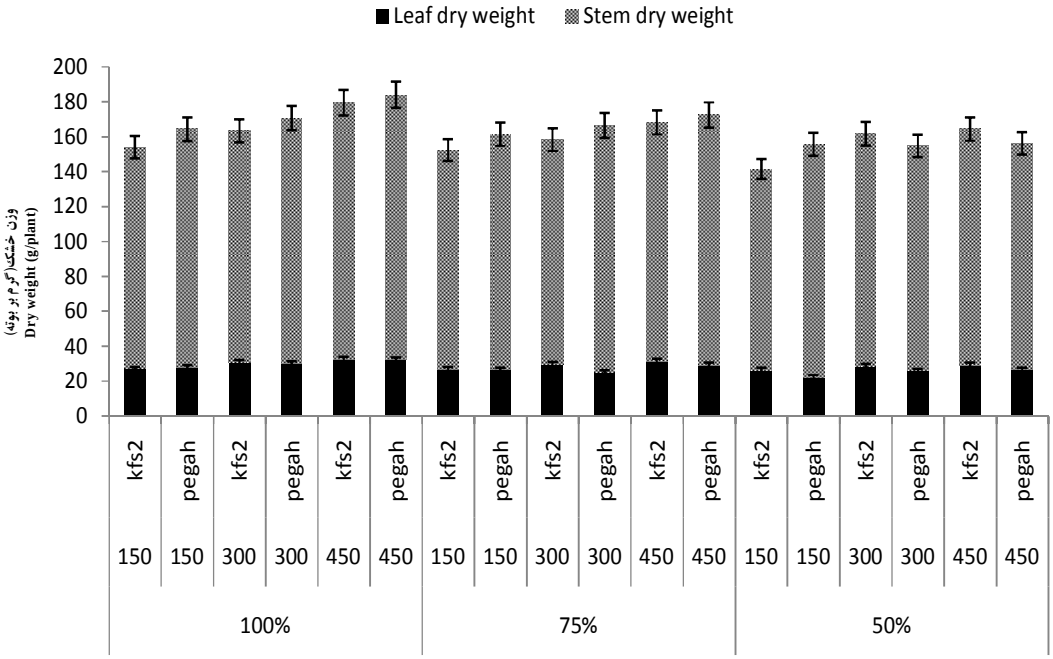
عملکرد علوفه تر: اثر آبیاری بر عملکرد علوفه تر در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین صفات نشان داد که تیمار ۱۰۰درصد آبیاری از نظر وزن تر بوته در گروه برتر جای گرفت و این بدان معنی است که اعمال تنش کم آبی، تأثیر منفی و معنی‌داری بر عملکرد علوفه تر در این گیاه داشته است (شکل۴). نتایج مشابهی در خصوص تاثیر منفی تنش کم آبی بر عملکرد علوفه تر توسط پژوهشگرانی از جمله ولدآبادی و همکاران (Valadabadi et al., 2000)، سعید و ال‌نادی (Saeed and El-Nadi, 1998) گزارش شده است.

اثر نیتروژن نیز بر عملکرد علوفه تر در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی میانگین صفات در سطوح مختلف نیتروژن نشان داد، که به طور کلی افزایش مصرف نیتروژن، باعث افزایش معنی‌دار این صفت گردید (شکل ۴)، دلیل این موضوع را می‌توان به نقش نیتروژن در تحریک رشد رویشی، به ویژه در شرایط تعادل با رطوبت خاک، نسبت داد (Emam and Niknejad, 2011). به علاوه، نتایج بوکوات و همکاران (Boquet et al., 2004) نشان داد که با مصرف نیتروژن بیشتر، عملکرد علوفه تر در سورگوم به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. دو رقم نیز اختلاف معنی‌داری در عملکرد علوفه تر داشتند، به طوری که رقم پگاه با دارا بودن ۸۶/۰۲ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه را به خود اختصاص داد. بررسی نتایج حاکی از این بود که در رقم پگاه، وزن ساقه درصد بیشتری از وزن تر بوته را تشکیل می‌دهد (شکل ۵).



شکل ۴. برهمکنش تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر عملکرد علوفه تر و وزن علوفه خشک، در دو رقم سورگوم علوفه‌ای. (علامت I بر روی ستون‌ها نشان دهنده‌ی انحراف معیار می‌باشد).

Fig. 4. Interaction of irrigation and nitrogen on forage yield and forage dry weight on two sorghum cultivars (I on columns shows standard deviation).



شکل ۵. برهمکنش تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر وزن خشک ساقه و وزن خشک برگ، در دو رقم سورگوم علوفه‌ای. (علامت I بر روی ستون‌ها نشان دهنده‌ی انحراف معیار می‌باشد).

Fig. 5. Interaction of irrigation and nitrogen on leaf and stem dry weight on two sorghum cultivars (I on columns shows standard deviation).

بررسی برهمکنش تیمارهای تنش کم آبی و سطوح مختلف نیتروژن، نشان داد که بیشترین میزان عملکرد علوفه تر از تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به دست می‌آید؛ هر چند، میزان آن با تیمارهای ۷۵ درصد آبیاری کامل و ۲۰۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴)، که احتمالاً علت آن، اثر تعدیل‌کنندگی نیتروژن می‌باشد، یعنی افزودن نیتروژن تا سطح ۲۰۵ کیلوگرم در هکتار توانسته اثر تنش متوسط کم آبی را خنثی کند و وزن تر بوته را تا حد بیشینه افزایش دهد (شکل ۴).

بررسی اثر متقابل نیتروژن و رقم و همچنین تنش کم آبی و رقم نیز حاکی از برتری رقم پگاه در تمام سطوح تنش کم آبی و تمام سطوح نیتروژن نسبت به رقم KFS_2 بود (شکل ۴). این موضوع حاکی از آن است که رقم پگاه نسبت به شرایط تنش کم آبی و کمبود نیتروژن، کمتر آسیب دیده و مقاومت بالاتری از خود نشان داده است. به نظر می رسد مقاومت بهتر رقم پگاه در ارتباط با همبستگی بیشتر وزن تر بوته در این رقم، با وزن ساقه، می باشد (شکل ۵).

وزن علوفه خشک: اثر تنش کم آبی بر متوسط وزن علوفه خشک تأثیر معنی‌دار داشت ($P>1\%$) (جدول ۱). طبق نتایج به دست آمده، میزان متوسط عملکرد علوفه خشک به وضعیت رطوبتی خاک، حساسیت نشان داد و تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بالاترین عملکرد به میزان ۵۴/۰۳ تن در هکتار را دارا می‌باشد. ظاهراً عدم مشاهده‌ی اختلاف معنی-دار در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری (شکل ۴)، به دلیل سازگاری سورگوم به خشکی و تخلیه‌ی رطوبت از اعماق پائین‌تر، در شرایط کم آبی می‌باشد. این نتیجه در گزارش هاول و همکاران (Howell et al., 2007) و جس و همکاران (Jose et al., 1990)، مبنی بر اینکه سورگوم در شرایط کم آبی می‌تواند رطوبت بیشتری از خاک تخلیه کند، تائید شده است.

جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که نیتروژن تاثیر معنی‌داری بر میانگین وزن علوفه خشک نداشت (جدول ۱)، اما با افزایش مصرف نیتروژن، میزان عملکرد نیز افزایش پیدا کرد به طوری که بالاترین عملکرد از تیمار ۲۰۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و به میزان ۵۱/۹۹ تن در هکتار به دست آمد (شکل ۴)، این روند با نتیجه‌ی تحقیقات میرلوحی و همکاران (Mirlohi et al., 2000) مطابقت دارد.

دلیل عمده‌ی واکنش ارقام مختلف گیاه سورگوم نسبت به سطوح کود نیتروژن، ناشی از نیتروژن اولیه (معدنی و آلی) و درصد ماده‌ی آلی عنوان شده است. هاولین و تیسدال (Havlin and Tisdale, 2005) نیز اظهار داشتند که در آزمایش حاصلخیزی خاک، پائین بودن نیتروژن خاک و فراهم بودن شرایط رویش، از عوامل مؤثر در واکنش گیاه نسبت به نیتروژن می‌باشد.

برهمکنش نیتروژن و رقم نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱)، در رقم پگاه، بیشترین وزن علوفه خشک از تیمار ۴۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار حاصل شد، در حالی که در رقم KFS_2 بیشترین عملکرد علوفه خشک در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص وجود داشت (شکل۴). از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت در رقم پگاه با اضافه کردن نیتروژن بیشتر، رشد طولی ساقه اضافه شده و گیاه افزایش ارتفاع پیدا کرده و وزن علوفه خشک نیز افزایش پیدا می‌کند. در این رقم به دلیل عمودی‌تر بودن برگ‌ها (ویژگی مربوط به رقم)، سایه‌اندازی به برگ‌های پایین‌تر کمتر بوده و رشد رویشیِ بیشتر، مانعی برای افزایش وزن خشک بوته ایجاد نمی‌کند، اما در رقم KFS_2 به دلیل افقی‌تر بودن برگ‌ها رشد رویشیِ بیشتر، که حاصل افزایش نیتروژن به خاک است، باعث سایه‌اندازی برگ‌های بالایی روی برگ‌های پایین‌تر شده و برگ‌های پایین زرد شده و از بین می‌روند (Emam and Niknejad, 2011).

نتیجه‌گیری نهایی

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش رطوبت و نیتروژن خاک، تاثیر قابل توجهی در بهبود تولید علوفه‌ی سورگوم دارد. بهترین برهمکنش پیشنهادی برای منطقه‌ی باجگاه و مناطق مشابه با پژوهش حاضر، آبیاری کامل و تامین ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، برای رقم سورگوم علوفه‌ای پگاه، می‌باشد.

منابع

Birch, C.J., Ash, J.D., 1989.The response of forage sorghum to nitrogen fertilizer applied at planting and after cutting. Proceedings of the Australian sorghum workshop, Toowoomba, Queensland, 28 February -1 March 1989, 34-40

Beyaert, R.P., Roy, R.C., 2005. Influence of nitrogen fertilization on multi-cut forage sorghum-sudangrass yield and nitrogen use. Agron. J. 97, 1493-1501.

Boquet, D.J., Hutchinson, R.L., Breitenbeck, G.A., 2004. Long- term tillage, cover crop, and nitrogen rate effects on cotton yield and fiber properties. Agron. J. 96, 1436-1442.

Chapman, P., Westgate, M.E., 1993. Water deficit affects receptivity of maize silk. Crop Sci. 33, 279-282.

Emam, Y., 2007. Cereal Production, Shiraz University Press, Shiraz. [In Persian].

Emam, Y., Niknejad, M., 2011.An Introduction to the Physiology of Crop Yield, Shiraz University Press, Shiraz. [In Persian]

FAO, 2009.Food and agriculture organization of the United Nations.Quarterly bulletin of statistics. Rome, Italy.

George, C., Fahey, J., 1994. Forage quality, evaluation, and utilization. Madison, Wis.,USA. 998p.

Habyarimana, E., Laureti, D., De Ninno, M., Lorenzoni, C., 2004.Performances of biomass sorghum under different water regimes in Mediterranean region.Ind. Crop Prod. 20, 23-28.

Havlin, J., Tisdale, S., 2005. Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management. Person Prentice Hall, 515p.

Howell, T.A., Tolk, J.A., Evett, S.R., Copeland, K.S., Dusek, D.A., 2007. Evapotranspiration of deficit irrigated sorghum. World Environmental and Water Resources Congress.ASCE.

Jose, R., Pardales, J., Yasuhiro, K., 1990. Development of sorghum root system under increasing drought stress. Japan J. Crop Sci. 59(4), 752-761.

Kohanmoo, M., Mazaheri, D., 2003. The effects of irrigation intervals and methods of N application on some quantitative & qualitative characteristics of forage sorghum. Iranian J. Crop Sci. 5(2), 75-85. [In Persian with English Summary].

Koocheki, A., Sarmadnia, G., 1999. Physiology of Crop Plants, JDM Press, Mashhad.[In Persian].

Mirlohi, A., Bozorgvar, N., Bassiri, M., 2000.Effect of nitrogen rate on growth, forage yield and silage quality of three sorghum hybrids, JWSS (Isfahan University of Technology). 4(2), 105-116. [In Persian with English Summary].

Moaveni, P., Heidari, Y., 2004. Study of plant density and irrigation intervals on grain yield and some physiological traits in forage sorghum.Iranian J. Crop Sci. 6(4), 374-382. [In Persian with English Summary].

Moghimi, N., 2011. Effect of Water Stress and Nitrogen Levels on Quantitative and Qualitative Characteristics of Forage Sorghum.MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran.[In Persian with English Summary].

Nourmohammadi, GH.,Siadat, A., Kashani, A., 2010. A Kernel of Wheat, ShahidChamran University Press, Ahvaz.[In Persian].

Paknejad, F., Tavakolo, M., Normohammadi, GH.,Siadat, A., 2001. Effects of plant density on physiological indices and forage yield of sorghum hybrids and a sudangrass cultivar, Iranian J. Crop Sci. 3(1): 34-46. [In Persian with English Summary].

Rezvanimoghadam, P., NassiriMahalati, M., 2003. Effects of different harvesting dates on yield and agronomic characteristics of three forage sorghum cultivars. Iranian J. Agric. Sci. 34(3), 549-558. [In Persian with English Summary].

Saeed, I. A. M., El-Nadi, A. H., 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. Irrigation Sci. 18, 67-71.

Sayer, W., 1994. Tillage effects on dry land wheat and sorghum production in the southern Great Plains, Agron. J. 86, 310-317.

Springer, T.L., Taliaferro, C.M., Hattey, J.A., 2005. Nitrogen source and rate effects on production of buffalograss forage growth with irrigation. Crop Sci. 45: 668-672.

Stone, J.F., Reeves, H.E. Carton, J.E., 1982. Irrigation water conservation by using wide spaced furrows. Agric. Water Manage. 5, 309-317.

Torbatinejad, N.M., Chaichi, M.R., Sharifi, S., 2002.Effect of nitrogen level on yield and yield components of three forage sorghum cultivars in Gorgan. J. Agric. Sci. Natural Resour. 9(2), 205-220. [In Persian with English Summary].

Valadabadi, S.A., Mazaheri, D., Normohammadi, GH., HashemiDezfuli, S.A., 2000, Performance of effect of drought stress on qualitive and quantitive characters of corn, sorghum and millet, Iranian J. Crop Sci. 2(1), 39-47. [In Persian with English Summary].