نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۳۸۱-۳۷۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 2, Summer. 2012, p. 374-381

اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*) تحت تنش‌خشکی

محمود حیدری[۱]- محمد رضا اصغری پور[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای تحت تنش‌خشکی تحقیقی طی سال ۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زابل به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه عبارت بودند از تنش‌خشکی، شامل سه سطح شاهد (آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه)، تنش ملایم (آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) و تنش شدید (آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) و پنج سطح کود سولفات‌پتاسیم شامل، صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار. تنش‌خشکی به‌علت کاهش ارتفاع گیاه، تعداد دانه در پانیکول، شاخص برداشت و وزن صد دانه عملکرد دانه را کاهش داد. بیشترین عملکرد دانه (۳۴۹۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۴۴۶۴ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه به‌دست آمد و عملکرد دانه و بیولوژیک در تیمار تنش شدید به‌ترتیب ۵/۵۸ و ۴/۲۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. کود سولفات پتاسیم نیز در بیشترین سطح با بهبود شرایط رشدی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به‌ترتیب ۲۸ و ۲۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. اثر متقابل کود سولفات‌پتاسیم و تنش‌خشکی نیز بر تمام صفات معنی‌دار بود، و سطح مطلوب کود سولفات‌پتاسیم از گیاهان در مقابل خشکی محافظت می‌کند. نتایج این مطالعه نشان داد که فراهمی کافی پتاسیم در خاک می‌تواند مقاومت گیاه سورگم در مقابل تنش‌خشکی را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تنش‌خشکی، سولفات‌پتاسیم، سورگوم دانه‌ای، عملکرد

مقدمه

خشکی یکی از عوامل عمده محدود کننده بهره‌وری در کشاورزی است و از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، رشد گیاه را کاهش می‌دهد. بنابراین کاهش فراهمی آب منجر به کم‌شدن رشد و عملکرد نهایی محصولات می‌شود. عمده قسمت‌های ایران با کمبود آب مواجه‌اند و کمبود آب شیرین عامل محدود کننده اصلی برای به‌دست آوردن عملکردهای بالاتر به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکز، جنوب و جنوب شرقی ایران است (۸).

سورگوم با نام علمی (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) گیاهی یک‌ساله، چهار کربنه و از خانواده غلات است که از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید پس از گندم، برنج، ذرت و جو مقام پنجم را در جهان به‌خود اختصاص داده است (۲۵). این گیاه به عنوان یک محصول با اهمیت در مناطق استوایی نیمه‌خشک آسیا، آفریقا و جنوب امریکا مطرح می‌باشد. محصول دانه سورگوم معمولاً به‌عنوان غذای انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما اخیراً از دانه‌های سورگوم به‌عنوان ماده‌خام برای تولید مواد شیمیایی نظیر اسیدلیولونیک استفاده شده است (۴). سورگوم غالباً در مناطق گرم و خشک ایران با نزولات اندک که برای تولید ذرت مناسب نمی‌باشد، تولید می‌شود (۱۸). آمار سطح زیر کشت سورگوم در ایران در سال ۱۳۸۵ حدود ۴۰ هزار هکتار گزارش شده است (۱).

پتاسیم در ایجاد فشار تورژسانس و باز و بسته‌شدن روزنه‌ها، در تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولید شده نقش دارد و تعادل آبی گیاه را کنترل می‌کند (۷). فوگر و ملکوتی (۹) بیان نمودند پتاسیم علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش تحمل گیاهان به شوری، کم‌آبی، انواع تنش‌ها، آفات و بیماری‌ها شده و کارایی مصرف آب و عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. در سال ۱۹۹۵ متخصصان زراعی مصر عنوان کردند که در شرایط تنش آبی و محدود بودن آب‌مصرفی در شرایط گلخانه توانسته‌اند به‌ازای افزودن

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد زراعت و استادیار گروه زراعت دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: m_asgharipour@yahoo.com)

۱۵۰ میلی‌گرم کود پتاسیم در هر کیلوگرم خاک، افزایشی معادل ۴۹ درصد در تولید محصول سورگوم به‌دست آورند (۱۴). هیکل و مودایش (۱۹) در مطالعه‌ای بر روی گندم و جو بیان نمودند که با کاهش دسترسی به آب در گیاه، عمل فتوسنتز نقصان یافته و نهایتاً از میزان محصول به نحو چشمگیری کاسته می‌شود، با این وجود مقادیر مناسب پتاسیم می‌تواند از این امر ناخواسته جلوگیری نماید، زیرا پتاسیم کافی در گیاه سبب ایجاد تعادل در پتانسیل آب در گیاه و افزایش ساخت ترکیبات آلی می‌شود که در نتیجه وزن‌تر و وزن خشک گیاهانی که دارای پتاسیم کافی هستند نسبت به وزن گیاهانی که دچار کمبود پتاسیم می‌باشند، حتی در شرایط تنش آبی نیز بیشتر می‌باشد. در آزمایشی که در مصر در رابطه با تاثیر پتاسیم بر روی مقاومت به تنش آبی با استفاده از آب‌شور صورت گرفت، مشخص شد گرچه افزایش فاصله آبیاری از ۴ به ۶ روز سبب کاهش معنی‌دار تولید شد، اما مصرف کود پتاسیم اختلاف عملکرد رژیم‌های آبیاری ۴ و ۶ روزه را کاهش داد (۱۵). این مطالعه با هدف بررسی اثرات تنش‌خشکی و کود پتاسیم و همچنین تعیین اثر کود پتاسیم بر روی افزایش تحمل گیاه سورگوم دانه‌ای در مقابل تنش‌خشکی در منطقه سیستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

توصیف مکان اجرای آزمایش- این تحقیق طی سال ۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان واقع در شهرستان زهک در ۲۴ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل دارای عرض جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد. محل اجرای آزمایش در منطقه گرم و بسیار خشک با میانگین بارندگی سالیانه ۶۳ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۲۳ درجه سانتی‌گراد واقع شده است. در سال اجرای آزمایش (سال ۱۳۸۸) بارندگی سالیانه و متوسط درجه حرارت سالیانه به‌ترتیب ۵۹ میلی‌متر و ۱/۲۲ درجه سانتی‌گراد بود. زمین مورد آزمایش در سال قبل به کشت گندم اختصاص داشت، و تا زمان آزمایش کود پتاسه در آن استفاده نشده بود.

این آزمایش در یک خاک لوم شنی [۲۳ درصد رس (<۲ µm)، ۲۷ درصد سیلت (۲۰-۲ µm)، ۳۲ درصد شن نرم (۲۰۰-۲۰ µm) و ۱۸ درصد شن درشت (۲۰۰۰-۲۰۰ µm) با pH ۳/۸، هدایت الکتریکی ۲/۳ میلی‌موس بر سانتی‌متر، نیتروژن نیتراتی ۹/۲ppm، فسفر (اولسن) ۲/۲ppm و پتاسیم ۱۵۶ppm (در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)] اجرا شد.

طرح آزمایشی و تیمارها- عملیات آماده‌سازی بستر بذر شامل شخم عمیق، دیسک، تسطیح و مرزبندی در اواخر مرداد ماه انجام گرفت. رقم سورگم دانه‌ای مورد استفاده در این مطالعه توسط موسسه اصلاح نهال و بذر ایران معرفی شده بود و KMF9 نام داشت. طرح آزمایشی این مطالعه به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود.

پلات‌های اصلی سه سطح آبیاری شامل آبیاری در ۱) ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد) ؛ ۲) ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش ملایم) و ۳) ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) بود که با استفاده از دستگاه TDR[1] اندازه‌گیری می‌شد. پلات‌های فرعی پنج سطح کود سولفات‌پتاسیم شامل صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود.

هر کرت شامل ۴ خط کشت به طول ۴ متر، با فاصله بین ردیف ۵۰/۰ و فاصله روی ردیف ۰/۰۵ متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی از هم ۱/۵ متر بود، و تکرارها ۳ متر از هم فاصله داشتند. کاشت توسط ردیف کار غلات مدل وینتر اشتایگر به‌صورت هیرم کاری در ۲۹ مرداد ماه انجام شد. پس از انجام عملیات شخم و دیسک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل به همراه تیمار کود سولفات‌پتاسیم پس از کرت‌بندی طبق نقشه طرح با خاک مخلوط شد. کود نیتروژنه به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و به شکل اوره در مرحله ۵ تا ۶ برگی همراه با آبیاری مصرف شد. در طول مطالعه، کنترل علف‌های هرز با دست انجام گرفت. هیچ بیماری یا آفت شدیدی در مزرعه مشاهده نشد و هیچ سمی در طول فصل برای کنترل آفات استفاده نشد.

نمونه‌برداری از گیاهان- در پایان فصل، ۵ بوته از هر پلات برداشت‌شده و خصوصیات رشدی و اجزای عملکرد گیاه سورگوم شامل؛ ارتفاع گیاه، وزن صد دانه، تعداد دانه در پانیکول مورد بررسی قرار گرفت. در هنگام رسیدگی بوته‌ها، و پس از حذف اثر حاشیه‌ای گیاهان از سطح پلات جمع‌آوری و در مقابل آفتاب تا رطوبت حدود ۱۰ درصد خشک و سپس دانه از کاه و کلش جدا و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد.

داده‌های حاصل از این مطالعه توسط نرم‌افزار آماری MSTAT-C تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۱ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج به‌دست آمده در این آزمایش حاکی از تاثیر معنی‌دار آبیاری بر ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد بود (جدول ۱)، به‌طوری‌که ارتفاع گیاه در تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نسبت به سایر سطوح تنش داشت.

1- Time-domain Reflectometer

با افزایش سطح تنش‌خشکی از شاهد بـه ۳۰ درصـد ظرفیـت زراعـی مزرعه از میزان ارتفاع گیاه به میزان ۴۶ سانتی‌متر کاسته شد (جـدول ۲). مورگان (۲۲) با مطالعه اثرات دور آبیاری بر روی سورگوم علوفه‌ای اظهار داشت که روند رشد، عملکـرد و ارتفـاع گیـاه بـا تـأخیر آبیـاری کاهش چشم‌گیری نشان می‌دهد.

اثر کود سولفات‌پتاسیم نیز براین صفت در سطح ۱ درصـد معنـی دار بود. با افزایش میزان سولفات‌پتاسیم، افزایش معنی داری در ارتفاع گیاه مشاهده شد (جدول ۱). اثر متقابل تنش‌خشکی و سطوح مختلـف سولفات‌پتاسیم نیز بر ارتفاع گیـاه اثـر معنـی‌داری داشـت (جـدول ۱). به‌طوری‌که در تیمار شاهد آبیـاری، مصـرف ۱۵۰ کیلـوگرم در هکتـار سولفات‌پتاسیم، بیشترین ارتفاع گیاه (۱۴۴ سانتی‌متر) را در پی داشـت (شکل ۱).

برخی مطالعات نشان داده است اثرات تنش‌خشکی بر رشد، مقدار و کیفیت گیاه بسیار گسترده بود. از مهم‌ترین فرآینـدهایی کـه تحـت تأثیر تنش‌خشکی قرار می‌گیرد کاهش سرعت نمو، کاهش رشد طولی ساقه و همچنین کاهش رشد برگ‌ها است (۲). علت ایـن پدیـده، اثـر منفی تنش کم‌آبی بر فرآیندهای فتوسنتز، تغذیه و روابـط هورمـونی و آبی گیاه می‌باشد.

رشد گیاه نه تنها به تجمع مواد خـام از طریـق فتوسـنتز و جـذب عناصر بستگی دارد بلکه به حفظ پتانسیل فشاری آب در گیـاه جهـت طویل‌شدن سلول‌ها نیز وابسته می‌باشد. پتاسیم در گیاهان بـا اثـر بـر حفظ پتانسیل آب سلول و کمک به جذب آب توسط گیـاه در شـرایط تنش بر رشد سلول‌ها اثر می‌گذارد (۹).

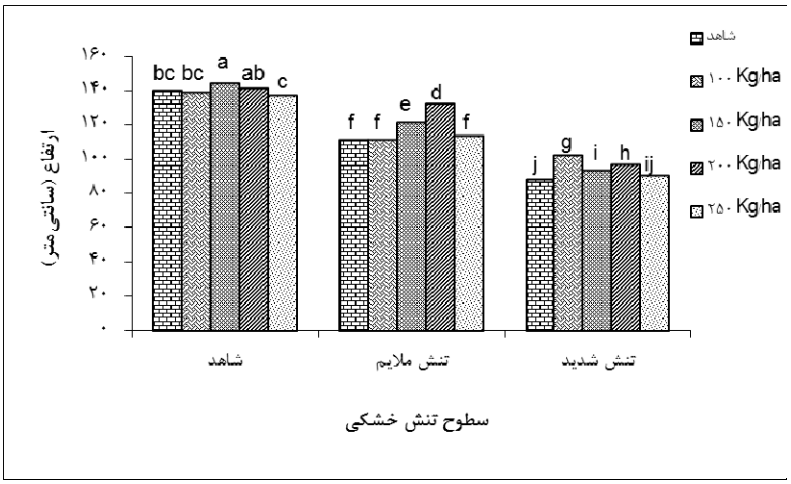
تعداد دانه در پانیکول

اثر تنش‌خشـکی و کـود سـولفات‌پتاسـیم، همچنـین اثـر متقابـل تنش‌خشکی و سولفات‌پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در پانیکول داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش سطح تنش‌خشکی از شاهد به ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه، تعداد دانه در پانیکول بـه میزان ۵۶۹ دانه در پانیکول کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	تعداد دانه در پانیکول	وزن یکصد دانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تکرار	۲	۹/۶۰^{ns}	۲۳۳۳/۷۵^{ns}	۰/۰۰۳۹^{ns}	۵/۴۱۹^{ns}	۹۱۹۹۴/۶^{ns}	۴۳۰۷۸/۴۷^{ns}
سطوح آبیاری	۲	۷۹۱۴/۴۶**	۱۲۱۳۸۶۲/۲۸**	۰/۴۸۱**	۴۶۵/۳۶۹**	۵۹۶۹۰۸۹۱/۵**	۱۶۰۳۱۵۰۶/۲۰**
خطای a	۴	۲/۴۶^{ns}	۳۶۱۲/۶۲^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۶/۵۱^{ns}	۱۶۲۹۲۵/۹^{ns}	۳۹۹۱۳/۴۷^{ns}
سطوح کودی	۴	۱۶۶/۲۷**	۲۴۰۹۲۷/۴۲**	۰/۲۰۷**	۴/۸۲۵^{ns}	۳۰۴۸۳۵۶۳/۴**	۱۴۶۲۷۰۲/۳۹**
تنش × کود	۸	۹۴/۹۱**	۹۶۵۶/۱۲**	۰/۰۳۲۶**	۱۶/۲۲۱**	۸۲۵۳۸۳/۴*	۱۴۶۲۷۰۲/۳۹**
خطای b	۲۴	۶/۴۰	۱۸۹۹/۸۸	۰/۰۰۷۴	۲/۱۵۴	۳۱۱۲۱۵/۲	۲۷۷۵۲/۸۰
ضریب تغییرات (٪)	-	۲/۱۴	۴/۶۳	۳/۷۳	۷/۳۷	۴/۵۱	۶/۵

ns: غیرمعنی‌دار ، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد



شکل ۱- اثر متقابل تنش‌خشکی و کود سولفات پ‌تاسیم بر ارتفاع گیاه سورگوم دانه‌ای
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P \leq ۰/۰۵$).

کمتر بودن تعداد دانه در هر پانیکول، در اثر تنش‌خشکی را می‌توان در رابطه با کمتر شدن طول و قطر پانیکول دانست. کمبود رطوبت خاک به شدت رشد و نمو اندام‌های زایشی را تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد می‌گردد. خادم (۳) در مطالعه خود بر روی گیاه ذرت گزارش کرد که تنش‌خشکی باعث کاهش تعداد دانه در بلال شد. در آبیاری با فواصل طولانی‌تر، به‌دلیل افزایش رقابت جهت تامین نیاز آبی بین بوته‌ها، درصد پوشش سبز کمتری نسبت به آبیاری کامل وجود داشت که احتمالاً این امر منجر به کاهش اجزای عملکرد دانه شده است. یازار و همکاران (۲۶) عنوان کردند تعداد دانه در سنبله تا حد زیادی به فراهم بودن رطوبت وابسته بوده و کاهش تعداد دانه در پانیکول، اولین تاثیر تنش‌خشکی روی عملکرد دانه می‌باشد. تلفات دانه می‌تواند ناشی از عدم هم‌زمانی نمو گل‌ها، نمو غیر عادی کیسه جنینی قبل از گرده افشانی و عدم نمو دانه پس از گرده افشانی و باروری باشد (۲۴).

در این آزمایش تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کود سولفات‌پتاسیم بر تعداد دانه در پانیکول مشاهده شد (جدول ۲). تمام تیمارهای کودی سبب افزایش تعداد دانه در پانیکول شدند، با این حال بیشترین تعداد دانه در پانیکول با میانگین ۱۱۳۲ دانه مربوط به تیمار۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌پتاسیم بود (جدول ۲).

نتایج مربوط به اثرات متقابل تنش‌خشکی و تیمار کودی نشان داد که بیشترین تعداد دانه در پانیکول در تیمار آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم در هکتار به‌دست آمد. همچنین در سطح بالای تنش‌خشکی (۳۰ درصد رطوبت زراعی مزرعه)، تاثیر تیمار ۲۵۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم در هکتار بر تعداد دانه در پانیکول بیشتر بود (شکل ۲).

وزن صد دانه

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد اثر تنش‌خشکی و تیمار کود سولفات‌پتاسیم بر وزن یکصد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش سطح تنش‌خشکی از شاهد به ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه، از وزن یکصد دانه کاسته شد (جدول ۲). تنش کمبود آب در طی دوره رسیدگی دانه‌ها معمولاً سبب کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی شده و در نتیجه دانه‌ها کوچک و چروکیده می‌شوند (۴).

در بین سطوح کود سولفات‌پتاسیم مشخص گردید تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم بیشترین تاثیر را بر وزن صد دانه داشت (جدول ۲). همچنین در خصوص اثر متقابل تیمار تنش‌خشکی و کود سولفات‌پتاسیم در این آزمایش مشخص شد، آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم در هکتار بیشترین وزن صد دانه (۲/۸ گرم) را تولید کرد.

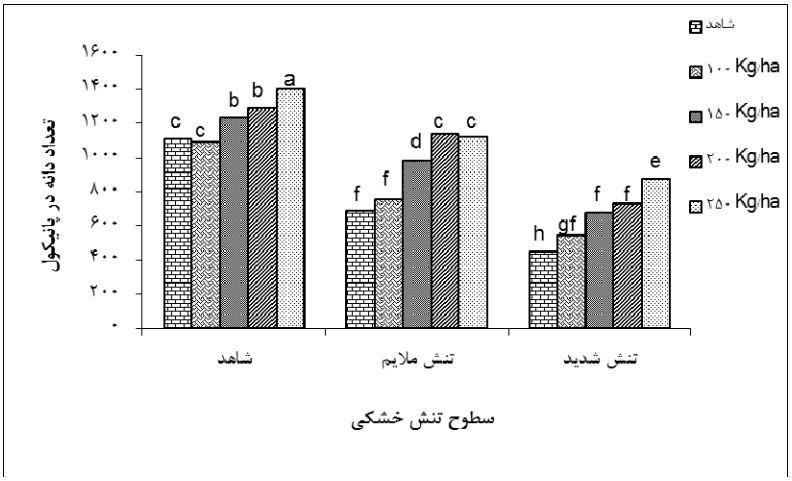
همچنین اعمال تنش‌خشکی (آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی)، و سطح چهارم تیمار سولفات‌پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) کمترین وزن یکصد دانه (۲/۲۷ گرم) را داشت (شکل ۳).

جدول ۲ - مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای

صفات / تیمار	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	تعداد دانه در پانیکول	وزن یکصد دانه (گرم)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
تیمار تنش‌خشکی						
FC ٪۷۰	۱۴۰a	۱۲۲۵a	۲/۴۹a	۲۳/۲۹a	۱۴۴۶۴a	۳۴۹۹a
FC ٪۵۰	۱۱۸ b	۹۳۷b	۲/۳۲b	۲۲/۹۶a	۱۲۱۲۹b	۲۷۳۳b
FC ٪۳۰	۹۴c	۶۵۶c	۲/۱۳c	۱۳/۴۸b	۱۰۴۹۵c	۱۴۵۳c
کود سولفات‌پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)						
شاهد	۱۱۳c	۷۵۰e	۲/۱۳d	۱۹/۰۵b	۹۷۶۱c	۱۹۶۳c
۱۰۰	۱۱۷b	۷۹۶d	۲/۲۶c	۱۹/۵۸ab	۱۱۸۰۵b	۲۴۶۳b
۱۵۰	۱۱۹a	۹۶۵c	۲/۵۴a	۱۹/۶۱ab	۱۳۸۷۴a	۲۹۶۴a
۲۰۰	۱۱۳c	۱۰۵۳b	۲/۳۵b	۲۰/۴۴ab	۱۴۳۷۶a	۲۹۰۶a
۲۵۰	۱۱۳c	۱۱۳۲a	۲/۲۶c	۲۰/۸۷a	۱۱۹۹۸b	۲۵۱۳b

٪۷۰ FC، ٪۵۰ FC، ٪۳۰ FC: به‌ترتیب آبیاری در ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه

* - در هر ستون و برای هر جزء میانگین‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p \leq ۰/۰۵$).



شکل ۲- اثر متقابل تنش‌خشکی و کود سولفات‌پتاسیم بر تعداد دانه در پانیکول سورگوم دانه‌ای. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p \leq ۰/۰۵$).

این امر نشان دهنده اهمیت بسیار زیاد تامین نیاز رطوبتی گیاه در مرحله پر شدن دانه نسبت به سایر مراحل و نقش موثر مرحله پر شدن دانه بر وزن دانه‌ها می‌باشد. تحقیقات برخی از محققان نشان می‌دهد، تنش‌خشکی در طی پر شدن دانه در آفتابگردان موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و وزن هزار دانه گردید (۲۱). این نتایج نشان می‌دهد صفت وزن صد دانه به تنش‌خشکی به‌ویژه در مرحله پر شدن دانه حساسیت بالایی دارد. زیرا دراین مرحله بیشترین حجم مواد فتوسنتزی به دانه انتقال می‌یابد و در صورت بروز تنش در این مرحله از میزان انتقال این مواد کاسته شده و وزن صد دانه کاهش می‌یابد.

عملکرد دانه

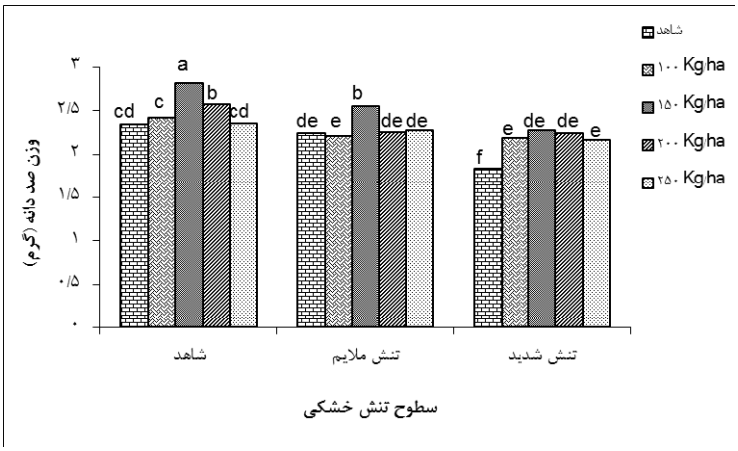
عملکرد دانه گیاهان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش‌خشکی، تیمار کودی و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفتند (جدول ۱). عملکرد دانه برای گیاهان آبیاری شده در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه به‌ترتیب ۹/۲۱ درصد بیشتر از گیاهان آبیاری شده در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه و ۵/۵۸ درصد بیشتر از گیاهان آبیاری شده در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه بود (جدول ۲).

بوناری و همکاران (۱۳) اظهار داشتند وقوع محدودیت آب و ایجاد تنش‌خشکی سبب کاهش فعالیت برگ و به‌دنبال آن کاهش عملکرد گیاه می‌شود. دلایل کاهش عملکرد دراین مرحله، کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها و پیری زودرس برگ‌ها می‌باشد (۱۶). کوماری (۲۰) نیز گزارش کرد تنش‌خشکی در ارزن سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه می‌شود. سطوح مختلف پتاسیم بر عملکرد دانه سورگوم دانه‌ای اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲)، و تمام سطوح مختلف تیمارهای کودی به‌نوعی سبب افزایش عملکرد دانه شدند. در این بین بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۲۹۶۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲). نتایج مربوط به اثرات متقابل تنش خشکی و تیمار کودی نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار شاهد آبیاری و در زمان استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌پتاسیم به‌دست می‌آید (شکل ۴). همچنین در سطح بالای تنش خشکی (۳۰ درصد رطوبت زراعی مزرعه)، تاثیر تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم در هکتار برعملکرد دانه تولیدی، بیشتر بود (جدول ۳). در سطوح بالای تنش‌خشکی (آبیاری در ۵۰ درصد و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) مقادیر بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌پتاسیم بر عملکرد به علت کاهش پتانسیل آب خاک بر عملکرد سورگوم تاثیر منفی داشت. در زمان گل‌دهی در گیاه سورگوم، مشاهده شد که وقتی رطوبت خاک به مدت دو روز به نقطه پژمردگی دائم می‌رسد عملکرد دانه ۲۵ درصد کاهش می‌یابد (۴).

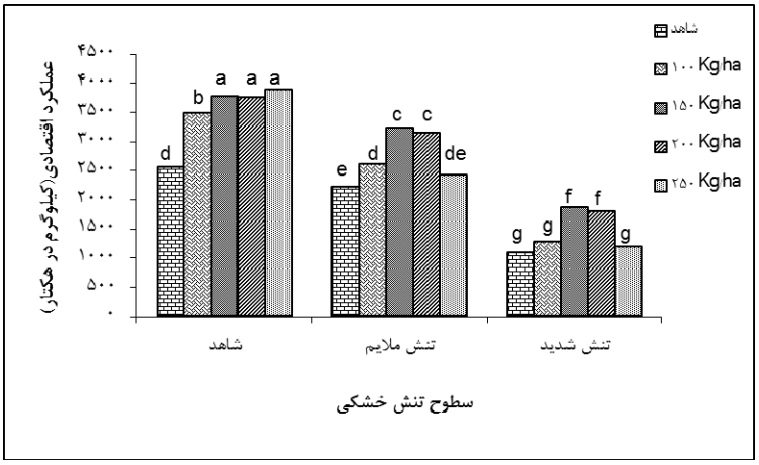
عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد اثر تنش‌خشکی، تیمار کودی و همچنین اثر متقابل تنش و کاربرد کود بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱). آبیاری در ۵۰ درصد و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه عملکرد بیولوژیک گیاه سورگوم را به‌ترتیب ۱/۱۶ درصد و ۴/۲۷ درصد نسبت به شاهد (آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) کاهش داد (جدول ۲). رزمی و همکاران (۴) بر روی سورگوم دانه‌ای و محمدی و همکاران (۱۱) بر روی گندم کاهش عملکرد بیولوژیک را در شرایط تنش‌خشکی گزارش کرده‌اند.

در بین سطوح مختلف سولفات‌پتاسیم، تیمار ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تاثیر را بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۲).



شکل ۳- اثر متقابل تنش‌خشکی و کود سولفات‌پتاسیم بر وزن صد دانه سورگوم دانه‌ای
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p \leq ۰/۰۵$).



شکل ٤- اثر متقابل تنش‌خشکی و کود سولفات‌پتاسیم بر عملکرد اقتصادی سورگوم دانه‌ای
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p \leq ۰/۰۵$).

مشخص شده پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز دارد چون باعث افزایش مستقیم رشد و شاخص سطح برگ و لذا جذب CO_2 و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج از برگ می‌شود (۱۹). اثر پتاسیم بر رشد به این دلیل است که این عنصر در ساخت مواد هیدروکربنی در گیاه نقش دارد و کمبود پتاسیم در گیاه با کاهش فتوسنتز و افزایش تنفس گیاه همراه است. کم شدن مواد هیدروکربنی گیاه در اثر تغییرات فتوسنتز و تنفس سبب کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (۷).

اثر متقابل تنش‌خشکی و سولفات‌پتاسیم نشان داد در تیمار شاهد آبیاری، سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌پتاسیم بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۶۴۴۰ کیلوگرم در هکتار) را دارد، اما در تیمارهای تنش رطوبت و کاهش آبیاری تا حد آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، ۲۰۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم بیشترین عملکرد بیولوژیک را به میزان ۱۲۶۸۰ کیلوگرم در هکتار تولید کرد. همچنین نتایج مربوط به اثرات متقابل خشکی و سولفات‌پتاسیم نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد و در زمان استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۵).

شاخص برداشت

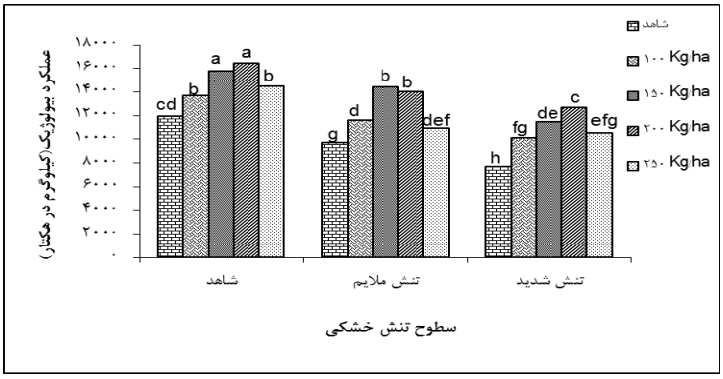
نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد اثر تنش‌خشکی و اثر متقابل تنش و کاربرد کود بر شاخص برداشت معنی‌دار بود، ولی تأثیر تیمار کود سولفات‌پتاسیم بر شاخص برداشت

غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش سطح تنش‌خشکی از شاهد به آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید)، از میزان شاخص برداشت به مقدار ۱۰ درصد کاسته شد (جدول ۲). نام و همکاران (۲۳) گزارش کردند که تنش رطوبت در لپه هندی (*Cajanus cajan*) به شدت وزن خشک گیاه، عملکرد و همچنین شاخص برداشت آن را کاهش می‌دهد. برخی از محققان نشان داده‌اند که شاخص برداشت ذرت در ارقام مختلف و شرایط محیطی متفاوت تغییر می‌کند، به‌طوری‌که اگر در زمان گرده افشانی و تشکیل دانه شرایطی محیطی نامناسب باشد، لقاح و دانه-بندی به خوبی صورت نگرفته و عملکرد دانه به شدت کاهش می‌یابد که به‌دنبال آن شاخص برداشت ذرت نیز کاهش خواهد یافت (۶).

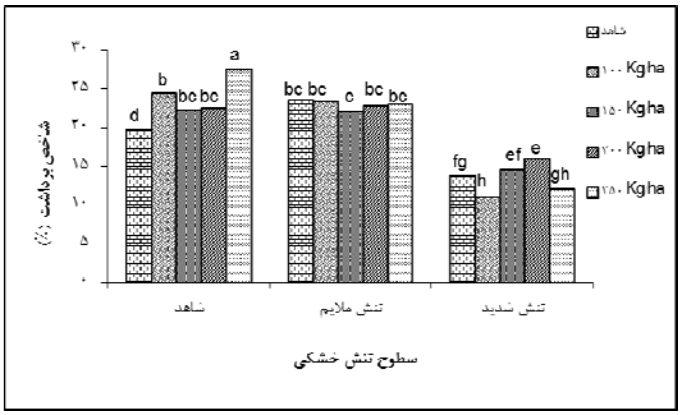
نتایج مربوط به اثرات متقابل تنش‌خشکی و سولفات‌پتاسیم نشان داد که شاخص برداشت به میزان ۲۷/۵۳ درصد در تیمار شاهد آبیاری و در طی استفاده از ۲۵۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم در هکتار به‌دست آمده است (شکل ۶). شکل ۶ همچنین نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری در ظرفیت زراعی ۷۰ درصد با افزایش میزان سولفات‌پتاسیم شاخص برداشت روندی افزایشی دارد. با افزایش کود از شرایط عدم‌مصرف به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار شاخص برداشت از ۱۹/۷۷ به ۲۷/۵۳ درصد رسید.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه در خصوص اثرات کودهای پتاسه بر نحوه پاسخ گیاهان به تنش‌خشکی نشان داد که کاربرد مقادیر بهینه کود پتاسیم (۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم در هکتار) در تخفیف اثرات خشکی بر رشد و عملکرد سورگوم سودمند است، زیرا رشد و عملکرد گیاه سورگوم با افزایش فراهمی پتاسیم تحت شرایط کمبود آب افزایش یافت. بر اساس نتایج این مطالعه مصرف کود پتاسیم در مزرعه سورگوم می‌تواند در محافظت از گیاهان در مقابل خشکی سودمند باشد.



شکل ۵ - اثر متقابل تنش‌خشکی و کود سولفات‌پتاسیم بر عملکرد بیولوزیک سورگوم دانه‌ای میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (p ≤۰/۰۵).



شکل ٦- اثر متقابل تنش‌خشکی و کود سولفات‌پتاسیم بر شاخص برداشت سورگوم دانه‌ای میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (p ≤۰/۰۵).

منابع

۱- آذری نصر آباد، ع. و س.ج.ر. رمضانی. ۱۳۸۸. بررسی اثر تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد در ارقام و لاین‌های سورگوم دانه‌ای در بیرجند. مجله الکترونیکی تولید گیاهان زراعی، ۲: ۱۱۸-۱۰۷.

۲- چابوک، ب. ۱۳۷۵. ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیکی موثر در مقاومت به خشکی نخود سفید. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد واحد کرج.

۳- خادم، س.ع. ۱۳۸۷.تاثیر سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و کیفیت ذرت دانه‌ای در شرایط خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه زابل.

۴- رزمی، ن.، خ. رزمجو، و م.ر خواجه‌پور. ۱۳۸۰. تاثیر چهار رژیم آبیاری بر رشد، عملکرد و اجزا عملکرد ارقام سورگوم دانه‌ای در شرایط اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵- سلطانی، ا.، و ا. فرجی. ۱۳۸۶. رابطه آب خاک و گیاه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۴۶ صفحه.

۶- سنچولی، ن. ۱۳۸۶. بررسی اثر نسبت‌های مختلف کود دامی و شیمیایی و مخلوط آنها بر خصوصیات خاک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه زابل.

۷- طباطبائی، س.ج. ۱۳۸۸. اصول تغذیه گیاهان. ویرایش اول. انتشارات مؤلف تبریز.

۸- عرجی، ا. ۱۳۸۲. اثر تنش‌خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی تعدادی از ارقام زیتون. پایان‌نامه دکتری تخصصی (PhD) زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۹- فوگر، ز.ک.، و م.ج. ملکوتی. ۱۳۷۹. اثرات بهینه کود در افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی. چاپ اول. نشر آموزش کشاورزی تهران، صفحه ۴۰-۳۸ .

۱۰- کاظم پور، س.، و م. تاج بخش. ۱۳۸۱. اثر بعضی مواد ضد تعرق بر خصوصیات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت آبیاری محدود. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۳: ۲۱۱-۲۰۵.

۱۱- محمدی، ع.، ا. مجیدی، م.ر. بی همتا، و ح. حیدری شریف آباد. ۱۳۸۵. ارزیابی تنش‌خشکی بر خصوصیات زراعی موورفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۳: ۱۹۲-۱۸۴.

12- Abdullah, B., and K. Abdel Wahab. 1995. Response of nitrogen fixation, nodule activity, and growth to potassium supply in water stressed brood bean. Journal of Plant Nutrition, 18: 1391- 1402.

13- Bonari, E., G.P.V., Vannozzi. A., Benventi, and M. Baldini. 1992. Modernaspects of sunflower cultivation techigues. Proc. 12th, Sunpis, Italy.

14- El–Kadi, M. 1999. Balanced nutrition management with potassium in relying drought and salinity stress of crop raised under the condition of the desert. International Symposium on Balanced Fertilization and Crop Response to Potassium. Iranian Soil and Water Research Institute, 56: 41- 44.

15- FAO. 1996. Global information and early warning system on food and agriculture. Special Report Preliminary Assessment of 1996 Food Crop Production and 1996/97 Cereal Import Requirements in the CIS.

16- Fredrick, J.R., J.T. Wooley, J.D. Hesketh, and D.B. Peters. 1991. Seed yield and erganomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. Field Crop Research, 27: 71-80.

17- Ganjyal, G., Q. Fang. and M.A. Hanna. 2007. Freezing points and smallscale deicing test for salts of levulinic acid made from grain sorghum. Bioresource Technology, 98: 2814–2818.

18- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State university press, Ames. 327 pp.

19- Heakal, L., and K. Modaish. 1990. Combined effects of leaching fraction, salinity and potassium content of water on growth and water use efficiency of wheat and barely. Plant and Soil, 125: 177-184.

20- Kumari, S. 1998. The effects of soil moisture stress on the development and yield of millet. Agronomy Journal, 57: 480-487.

21- Mekki, B.B., M.A. EL-Kholy, and E.M. Mohamed. 1999. Yield, oil and fatty in two sunflower cultivars. Egyptian journal of Agronmy, 21: 67-85.

22- Morgan, J.M. 1984. Osomoregulation as a selection criterion for drought tolerance in wheat. Ausralian Journal of Agricultural Resarch, 34: 607-617.

23- Nam, N., H. Chauhan, and C. Johansoen. 2001. Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short- duration pigeonpea lines. Journal of Agricultural Science, 136: 179-189.

24- Nielsen, R.L. 2002. Drought and heat stress effects on corn pollination. Purdue Coop. Ext. Ser., http://www.agry.purdue.edu/ext/corn/pubs/corn-07.htm.

25- Sato, S., T. Clemente, and I. Dweikat. 2004. Identification of an elite sorghum genotype with high in vitro performance capacity. In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant, 40: 57–60.

26- Yazar, A., S.M. Senzen, and B. Gencel. 2002. Drip irrigation of corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. Irrigiation Drainage, 51: 293-300.