

واکنش ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای به مقدار آب آبیاری و کود پتاسیم Reaction of forage sorghum cultivars to the amount of irrigation water

سیدحسین موسوی فضل

استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۸

چکیده

موسوی فضل، س. ح. ۱۳۹۷. واکنش ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای به مقدار آب آبیاری و کود پتاسیم. نشریه علمی - ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی ۷(۱): ۱۱۵-۱۲۶.

به منظور بررسی اثر مقدار آب آبیاری و کود پتاسیم بر عملکرد علوفه، اندام هوایی و ریشه‌ی سه رقم سورگوم علوفه‌ای، پژوهشی در مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) در سال ۱۳۹۳ انجام شد. فاکتورها شامل: ۱- مقدار آب (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) ۲- کود پتاسیم (شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود مورد نیاز) ۳- ارقام سورگوم علوفه‌ای پگاه، اسپیدفید و KSF₂ بودند. پژوهش در قالب طرح کرت‌های خرد شده به صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. آب مورد نیاز به روش پنمن - ماتیت محاسبه و با روش آبیاری قطره‌ای به گیاه داده شد. کود پتاسیم مورد نیاز براساس آزمون خاک تعیین و مطابق تیمارها با سیستم آبیاری قطره‌ای به گیاه داده شد. حجم ریشه با روش غوطه‌وری در آب و وزن آن با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. پارامترهای سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه (وزن اندام هوایی) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد اثر آب و کود پتاسیم بر عملکرد علوفه، خصوصیات ریشه و اندام هوایی ارقام سورگوم معنی‌دار است. بیشترین عملکرد، از سطح آب و کود ۱۰۰ درصد برای رقم پگاه بدست آمد. تیمار آب ۷۵ و کود ۱۰۰ درصد برای رقم پگاه به عنوان تیمار برتر انتخاب شد. شاخص تولید نهایی و نرخ جایگزینی فنی برای آب و کود محاسبه شد. ارزش تولید نهایی نسبت به آب برای علوفه‌ی تر در ارقام اسپیدفید، KSF₂ و پگاه به ترتیب ۱۹۲، ۳۱۸ و ۳۹۸ هزار تومان بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، سورگوم علوفه‌ای، کود پتاسیم.

مقدمه

بحران آب در مناطق خشک دنیا مسئله‌ای جدی است. این کمبود روز به روز در حال افزایش است (۸). کم‌آبیاری تنظیم شده یکی از راه‌های افزایش کارایی مصرف آب است. هدف اصلی در کم‌آبیاری، حذف آبیاری‌هایی است که تاثیر کمتری بر عملکرد دارند. پژوهش‌های زیادی در زمینه تاثیر کم‌آبیاری بر عملکرد گیاهان انجام شده است (۸). معمولاً حداکثر عملکرد محصول در نتیجه آبیاری کامل بدست می‌آید، اما همواره عملکرد حداکثر، عملکرد اقتصادی نخواهد بود (۳). کم‌آبیاری برنامه‌ریزی شده در بسیاری از مناطق جهان رایج است. در ایران نیز تحقیقاتی زیادی بر روی برخی از محصولات انجام شده است (۱۳).

سورگوم علوفه‌ای، گیاهی است که نقش اساسی در تامین علوفه‌ی دام دارد و محصولی کم‌توقع از نظر آب است. سورگوم به عنوان شاخص گیاهان زراعی مقاوم به خشکی شناخته شده است. این گیاه با توجه به سیستم فتوسنتزی، نحوه فعالیت روزنه‌ها و سیستم ریشه‌ی خاص، قادر است آب را بهتر از سایر گیاهان زراعی جذب نماید و تلفات آب را کاهش دهد (۱).

در گیاهان علوفه‌ای، تنش آبی از مهم‌ترین عوامل محیطی اثرگذار بر عملکرد و کیفیت علوفه است (۶). در یک پژوهش مزرعه‌ای، بررسی اثر تنش خشکی در سورگوم دانه‌ای نشان داد که تنش باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود

(۱۰). حبیبی و همکاران پژوهش‌هایی در خصوص مقاومت ارقام سورگوم پگه‌ا و اسپیدفید به تنش‌های آبی انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد اثر تنش آبی و رقم بر درصد پروتئین، الیاف خام و خاکستر معنی‌دار بود و تحت تنش آبی میانگین این مقادیر در رقم پگه‌ا بیش از اسپیدفید بود (۲).

ریشه‌ی گیاه، مهم‌ترین کانال ارتباطی گیاه با آب و مواد غذایی است. مطالعه‌ی ریشه به دلیل عدم سهولت در دسترسی به آن، کاری دشوار و پرهزینه است (۹). بررسی‌ها نشان داده است که ریشه با اندام‌های هوایی گیاه کاملاً در ارتباط است و نسبت ریشه و اندام هوایی در گیاهان همواره متناسب است (۱۲). لایو و همکاران معتقدند خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه در سازگاری با کم‌آبی، از تراکم ریشه در لایه‌های مختلف خاک مهم‌تر است. در صورت وقوع تنش آبی در لایه‌های سطحی، ریشه‌های موجود در اعماق به‌صورت مؤثرتری آب را جذب می‌نمایند (۱۱). الیس و بارنز بیان نمودند که هر چه خاک خشک‌تر باشد وزن ریشه‌ها کمتر می‌شود (۸).

پتاسیم با توجه به نقش‌های آنزیمی و کوانزیمی در گیاه، عنصر اساسی برای گیاه است. پتاسیم باعث افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول می‌شود. پتاسیم کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد (۵). سورگوم پتاسیم را به مقدار زیادی از خاک جذب می‌کند. سورگوم بیش از ۵۰ درصد پتاسیم مورد نیاز خود را در دوره‌ی رشد سبزینه‌ای و قبل از گلدهی جذب می‌کند. وجود پتاسیم کافی برای

عملکرد و کارایی مصرف آب در ارقام سورگوم علوفه‌ای در سال ۱۳۹۳ پژوهشی در اراضی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان سمنان (شاهرود) انجام شد. فاکتورهای این پژوهش شامل تیمارهای زیر بودند: ۱- مقادیر مختلف آب آبیاری در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه) ۲- مقادیر کود پتاسیم در سه سطح (شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود مورد نیاز براساس آزمون خاک) ۳- ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای در سه سطح (پگاه، اسپیدفید و KSF₂). رقم‌های پگاه، اسپیدفید و KSF₂ از بین ارقام برتر سورگوم علوفه‌ای در کشور انتخاب شدند. پژوهش در قالب طرح نواری خرده شده به صورت فاکتوریل (استریپ فاکتوریل) با سه تکرار انجام شد. آب به عنوان عامل اصلی، رقم و کود پتاسیم به صورت فاکتوریل در داخل نوارها قرار گرفتند. هر کرت دارای چهار خط کاشت و دو خط لوله‌ی تیپ (به فاصله ۷۵ سانتی‌متر) به طول ۷ متر بود. فاصله بوته‌ها روی هر ردیف ۷ سانتی‌متر و در دو طرف هر خط لوله‌ی تیپ به فاصله‌ی ۱۰ سانتی‌متر از لوله انتخاب شد. آب مورد نیاز گیاه با استفاده از داده‌های روزانه‌ی هواشناسی منطقه به روش پنمن - ماتیت محاسبه و با سیستم آبیاری قطره‌ای با دُز سه روز به گیاه داده شد و نیاز آبی گیاه از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$Ud = ET_0 \cdot Kc \quad (1)$$

در این رابطه ET_0 میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) و Kc ضریب گیاهی است.

سورگوم نقش اساسی در استقرار و سلامتی گیاه دارد و تضمین کننده‌ی کیفیت و کمیت محصول است (۱).

بخش زیادی از علوفه‌ی دامداری‌های استان سمنان، ذرت و یونجه است. نیاز آبی کمتر و تکنولوژی نسبتاً ساده برای تولید سورگوم، ضرورت جایگزینی این محصول به جای ذرت را ایجاد نموده است. از طرف دیگر فقر پتاسیم در خاک‌های استان یکی از دلایل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی است. این پژوهش به منظور بررسی اثر آب آبیاری بر عملکرد علوفه و اجزا آن (ریشه و اندام‌های هوایی) و نیز بررسی نقش کود پتاسیم در جبران اثرات ناشی از کم آبی در سه رقم سورگوم علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی استان سمنان انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش در اراضی مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سمنان (شاهرود) واقع در جاده شاهرود به آزاد شهر انجام شد. منطقه دارای متوسط بارندگی سالیانه ۱۷۵ میلی‌متر و آب و هوای گرم و خشک است.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک مزرعه، نمونه‌هایی تهیه و آزمایش شد (جدول‌های ۱ و ۲).

برای بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات ریشه، اندام‌های هوایی،

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامترهای اندازه گیری شده		عمق خاک (سانتی متر)
		۰-۳۰
۱- بافت خاک	لوم	۳۰-۶۰
الف- درصد شن	۴۵	
ب- درصد سیلت	۳۲	
ج- درصد رس	۲۳	
۲- وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	۱/۴۶	۱/۵۹
۳- رطوبت وزنی در حد ظرفیت مزرعه (درصد)	۲۰/۷	۱۹/۷
۴- رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی (درصد)	۹/۵	۹
۵- اسیدیته خاک (pH)	۷/۹	۷/۸
۶- هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)	۱/۴	۱/۳
۷- عناصر غذایی		
الف- پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	۱۵۰	۱۸۰
ب- فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	۱۶	۱۲
ج- ازت کل (درصد)	۰/۰۵	۰/۰۵

جدول ۲ - نتایج تجزیه‌ی کیفی آب آبیاری

نسبت جذب سدیم	آنیون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)	کاتیون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی متر)			
	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	SO_4^{2-}	Cl^-	Na^+	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$		
۲/۱	۲/۹۸	۰/۹۲	۵/۲	۳/۵	۵/۶	۸/۱	۱۱۵۱

توجه به مشاهدات مزرعه‌ای برآورد شد. راندمان آبیاری قطره‌ای ۹۰ درصد در نظر گرفته شد و عمق ناخالص آبیاری از رابطه ۳ محاسبه شد (۴).

$$I_g = \frac{T_d}{E} = \frac{T_d}{0.90} \quad (3)$$

آب مصرفی در هر نوبت با کنتورهای حجمی و شیر فلکه‌ها کنترل و در اختیار گیاه گرفت. در پژوهش مزرعه‌ای آب مصرفی در

میزان متوسط تعرق روز گیاه در روش آبیاری قطره‌ای به صورت زیر محاسبه شد (۴).

$$T_d = U_d \left[\frac{P_s}{100} + 0.15 \left(1 - \frac{P_s}{100} \right) \right] \quad (2)$$

T_d متوسط تعرق روزانه (میلی‌متر)، U_d متوسط آب مصرفی روزانه (میلی‌متر) و P_s سطح سایه‌انداز (درصد) است. در هر نوبت آبیاری در طول فصل زراعی، سطح سایه‌انداز با

تعیین شاخص‌های ارزیابی عملکرد

برای بررسی اثرات جداگانه و توأم مقادیر مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم در ارقام سورگوم بر عملکرد علوفه، شاخص‌های زیر مورد استفاده قرار گرفتند (۳).

شاخص تولید نهایی (Marginal Production)

نسبت به عمق آب آبیاری

شاخص تولید نهایی یک عامل تولیدی، برابر است با میزان تغییر در عملکرد محصول به ازای به کارگیری یک واحد بیشتر از آن نهاده یا به عبارت دیگر از تقسیم عملکرد محصول به ازای بکار بردن یک واحد آب بیشتر برای محصول بدست می‌آید.

شاخص تولید نهایی نسبت به کود پتاسیم

شاخص تولید نسبت به کود پتاسیم نیز از تقسیم عملکرد محصول به ازای بکار بردن یک واحد کود پتاسیم بیشتر برای محصول به دست می‌آید.

نسبت نهایی نرخ جایگزینی فنی

(Marginal Rate of Technical Substitution)

برای عمق آب آبیاری و کود پتاسیم

نسبت نهایی نرخ جایگزینی فنی عبارت از نسبت جانمایی دو عامل تولید با یکدیگر، به شرط ثابت ماندن مقدار تولید است. در این پژوهش نسبت نهایی نرخ جایگزینی فنی کود

طول فصل برای سطوح آبی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر ۳۲۰۰، ۴۳۰۰ و ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود. برای تعیین نیاز کود پتاسیم، نمونه برداری از خاک مزرعه‌ی آزمایشی انجام و پتاسیم موجود در خاک ۱۵۰ پی‌پی‌ام تعیین شد. این مقدار پتاسیم در عمق ۶۰ سانتی‌متر خاک زراعی ۱۱۰۰ کیلوگرم محاسبه شد. براساس توصیه کودی مشاور تغذیه، مقدار کود مورد نیاز سورگوم در خاک مزرعه آزمایشی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. کود پتاسیم به صورت محلول با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای، مطابق تیمارها در سه نوبت (قبل از گلدهی) به گیاه داده شد. کود پتاسیم در تیمارهای صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (سولفات پتاسیم) مصرف شد. کاشت محصول در اول تیر ماه و برداشت در ۳۰ شهریور ماه در یک نوبت به صورت دستی صورت گرفت انجام شد. نمونه برداری‌ها از ریشه در سه مرحله (۴۵، ۷۵ و ۱۰۵ روز پس از کاشت به ترتیب مرحله توسعه اولیه، میانی و رسیدگی) انجام شد. برای تعیین پارامترهای ریشه ابتدا اندام هوایی گیاه جدا و سپس سطح برگ، وزن خشک برگ‌ها، ساقه و اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. حجم ریشه با روش غوطه‌وری، و وزن تر با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS22 و SAS9.1 تجزیه و تحلیل شدند.

خشک اندام هوایی، وزن خشک برگ، وزن خشک و حجم ریشه، وزن خشک ساقه و سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در اثر جداگانه‌ی عوامل پژوهش، بیشترین عملکرد محصول از سطح آب ۱۰۰، کود ۱۰۰ درصد و رقم پگاه به ترتیب برابر با ۹۴، ۸۶ و ۹۲/۷ تن در هکتار بدست آمد (جدول ۴) و شکل‌های ۱ تا ۳). با کاهش ۲۵ درصد آب مصرفی، عملکرد ۱۵ درصد و با کاهش ۵۰ درصد کود پتاسیم مصرفی، عملکرد علوفه به مقدار شش درصد کاهش یافت. با کاهش آب و کود مصرفی سایر صفات گیاه مانند وزن و حجم ریشه، وزن اندام هوایی، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و سطح برگ نیز کاهش یافتند. حجم ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه و نسبت اندام هوایی در سطح آب ۷۵ و کود ۱۰۰ درصد در مقایسه با سطح آب ۱۰۰ و کود ۱۰۰ درصد اگرچه کاهش یافت، اما تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. این موضوع نشان می‌دهد که مصرف کود پتاسیم می‌تواند تا حدی اثرات ناشی از کمبود آب را جبران نماید. رقم پگاه عملکرد و وزن اندام هوایی بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت (جدول ۴).

اثر متقابل آب و کود پتاسیم بر عملکرد و اجزا

عملکرد

نتایج نشان داد اثر متقابل آب آبیاری و کود

پتاسیم نسبت به آب آبیاری محاسبه شد. این نسبت از تقسیم شاخص تولید کود پتاسیم به شاخص تولید آب آبیاری تعیین شد.

برای بررسی تغییرات عملکرد به ازای تغییر در یک واحد آب از شاخص (MP_I)، تغییرات عملکرد به ازای یک واحد تغییر در کود از شاخص (MP_K) و برای تعیین میزان آب مورد نیاز جهت ثابت نگه داشتن عملکرد در صورت افزایش یک واحد کود پتاسیم از نسبت نرخ جایگزینی (MRTS_{I,K}) استفاده شد. برای بررسی میزان خسارت وارده به ازای کاهش یک واحد آب آبیاری از تابع ارزش نهایی تولید (Value of Marginal Production) (VMP) استفاده شد (P_Y قیمت واحد وزن علوفه). تابع ارزش نهایی تولید برای آب آبیاری و کود پتاسیم از حاصل ضرب قیمت علوفه در شاخص‌های مربوطه محاسبه شد.

کارایی مصرف آب

(WUE: Water Use Efficiency)

کارایی یا بهره‌وری مصرف آب از تقسیم عملکرد علوفه‌ی تر بر حجم آب مصرفی بدست می‌آید. کارایی مصرف آب با واحد کیلوگرم بر مترمکعب در هر هکتار بیان می‌گردد.

نتایج و بحث

تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد اثر آب، کود پتاسیم و رقم بر عملکرد علوفه‌ی تر، وزن

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات خصوصیات اندازه‌گیری شده

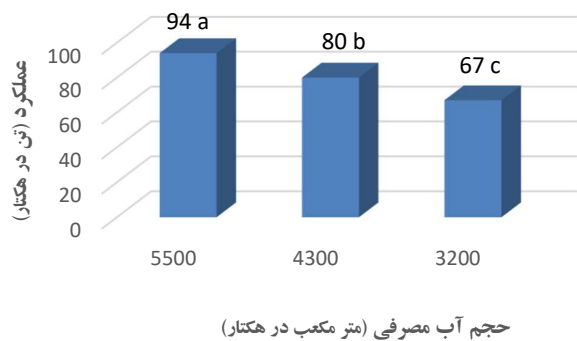
میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد علوفه تر	وزن خشک اندام‌های هوایی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	سطح برگ
بلوک	۲	۵۸/۷	۱۴۶/۱	۴۳/۷*	۶۲/۲	۲۵۲۰۳۶/۶
آب	۲	۴۹۱۳/۸**	۸۵۸۵/۴**	۵۲۸/۸**	۴۸۵۳/۲**	۱۱۱۵۵۷۵۴/۳**
خطا	۴	۱۲۶/۸	۱۷۴/۳	۲۹/۰	۹۰/۷	۶۹۵۰۱۹/۵
پتاسیم	۲	۹۰۲/۶**	۳۴/۸**	۲/۰۵**	۱۹/۶**	۱۲۷۳۶۸/۴**
رقم	۲	۳۳۹۳/۵**	۴۴۹/۹*	۴۵/۶**	۶۱۸/۲**	۸۸۹۴۷۰/۶*
آب × پتاسیم	۴	۲۳۴/۶**	۷۵۵/۹**	۶۶/۸**	۳۷۴/۸**	۹۳۱۲۳۲/۵*
آب × رقم	۴	۲۸۶/۹**	۶۲۶/۲**	۳۳/۴**	۴۴۶/۲**	۸۹۷۶۰۴/۴*
پتاسیم × رقم	۴	۱۴۲/۱**	۱۸۰/۵	۷/۹	۱۱۴/۴	۱۸۲۱۶۹/۱
آب × پتاسیم × رقم	۸	۳۳/۸	۲۱۹/۰	۹/۸	۱۵۰/۸	۲۱۱۶۲۸/۷
خطا	۴۸	۴۲/۸	۱۲۲/۶	۸/۸	۸۰/۱	۲۶۴۱۷۱/۲

جدول ۴ - مقایسه میانگین‌های خصوصیات اندازه‌گیری

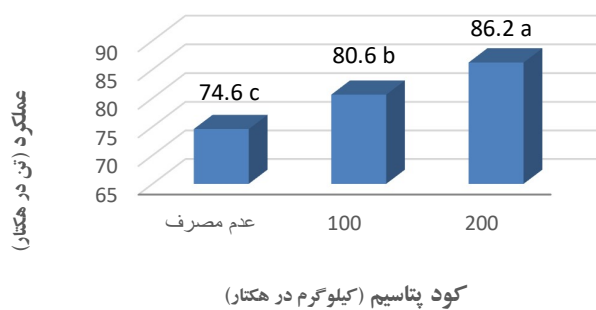
میانگین‌ها						
تیمار	منابع تغییر	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
آبیاری	آب ۱۰۰	۹۴/۲a	۷۰/۷a	۲۲/۴a	۴۸/۳a	۳۶۰۲/۲a
	آب ۷۵	۸۰/۱b	۴۵/۶b	۱۶/۱b	۲۹/۵b	۲۶۰۴/۲b
	آب ۵۰	۶۷/۳c	۳۳/۶c	۱۳/۲c	۲۰/۴c	۲۲۹۸/۶c
کود	پتاسیم ۱۰۰	۸۶/۲a	۵۹/۳a	۱۷/۴a	۳۸/۲a	۲۸۷۷/۲a
	پتاسیم ۵۰	۸۰/۶b	۵۳/۶b	۱۵/۱b	۳۳/۲b	۲۶۹۳/۶b
	عدم مصرف (شاهد)	۷۴/۶c	۴۴/۳c	۱۳/۵c	۳۰/۵c	۲۵۹۰/۱b
رقم	پگاه	۹۲/۷a	۵۵/۲a	۱۶/۴b	۳۸/۵a	۳۰۵۵/۳a
	KSF ₂	۷۸b	۴۷/۱b	۱۶/۵b	۳۰/۵b	۲۶۹۸/۲b
	اسپدیفید	۷۰/۷c	۴۸b	۱۸/۸a	۲۹/۱b	۲۷۵۲/۲b

مقادیر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). نتایج نشان داد که کاربرد پتاسیم می‌تواند تا اندازه‌ای، اثرات منفی ناشی از تنش آبی را کاهش دهد. یافته‌های این پژوهش با نتایج آینس (۱۰)، برنگور و فسی (۶) و پورعزیزی و فلاح (۱) همخوانی دارد. نتایج نشان داد که تاثیر کود پتاسیم در سطوح مختلف آب یکسان نیست. هر چه تنش آبی شدیدتر باشد اثر

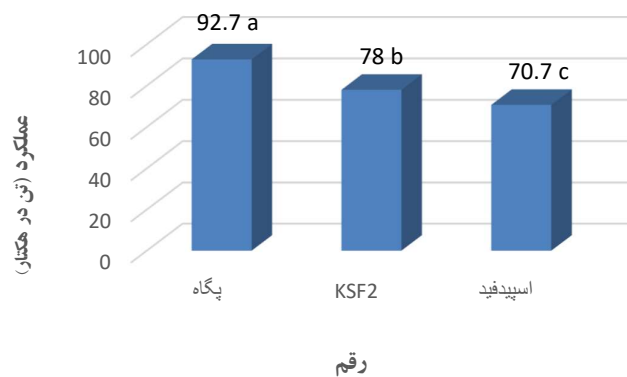
پتاسیم بر عملکرد علوفه‌ی تر، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، سطح برگ معنی‌دار است (جدول ۳). بیشترین عملکرد از تیمار آب و کود ۱۰۰ درصد بدست آمد. تیمار آبی ۷۵ و کود پتاسیم ۱۰۰ درصد، عملکرد بیشتری از تیمار آبی ۱۰۰ با سطح کودی صفر درصد داشت. این مقادیر به ترتیب برابر با ۸۷/۸ و ۸۵/۵ تن در هکتار شد. این



شکل ۱- اثر حجم آب مصرفی بر عملکرد علوفه



شکل ۲- اثر مقدار کود پتاسیم مصرفی بر عملکرد علوفه



شکل ۳- تاثیر رقم سورگوم بر عملکرد علوفه

به اندازه نیاز (۱۰۰ درصد)، مقدار افزایش عملکرد علوفه به ترتیب ۱۷، ۲۰ و ۶ درصد

مصرف کود پتاسیم کاهش می‌یابد. در سطوح آب ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد با مصرف کود پتاسیم

جدول ۵- مقایسه‌ی میانگین اثرات متقابل آب و کود پتاسیم بر صفات اندازه‌گیری

صفات اندازه‌گیری شده					تیمار	
وزن برک (گرم در بوته)	وزن ساقه (گرم در بوته)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	وزن اندام هوایی (گرم در بوته)	عملکرد (تن در هکتار)	آب*	پتاسیم**
۳۱/۳a	۵۳/۲a	۳۸۳۴/۹a	۷۷/۸a	۱۰۲/۸a	آب ۱۰۰	پتاسیم ۱۰۰
۲۴/۵b	۴۳/۴b	۳۳۶۹/۵b	۶۳/۸b	۹۴/۲b	آب ۱۰۰	پتاسیم ۵۰
۱۸/۵bc	۳۲/۵c	۲۶۲۰/۲cd	۵۰/۵c	۸۵/۵c	آب ۱۰۰	شاهد
۱۷/۰c	۳۱/۲c	۲۷۰۲/۳c	۴۸/۳c	۸۷/۸c	آب ۷۵	پتاسیم ۱۰۰
۱۶/۴c	۲۷/۸cd	۲۵۰۶/۲cd	۴۳/۰cd	۸۳/۳c	آب ۷۵	پتاسیم ۵۰
۱۴/۲c	۲۲/۸d	۲۴۵۲/۵cd	۳۹/۵d	۷۰/۷d	آب ۷۵	شاهد
۱۳/۸c	۲۲/۲d	۲۳۴۱/۵d	۴۱/۸cd	۶۸/۱d	آب ۵۰	پتاسیم ۱۰۰
۱۲/۶cd	۱۸/۶d	۲۲۵۵/۶d	۳۱/۲d	۶۶/۲d	آب ۵۰	پتاسیم ۵۰
۱۱/۵d	۱۸/۷d	۲۰۱۹/۸d	۲۸/۹d	۶۴/۱d	آب ۵۰	شاهد

* آب مصرفی در طول فصل برای سطوح آبی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۳۲۰۰، ۴۳۰۰ و ۵۵۰۰ متر مکعب در هکتار بود.
** کود پتاسیم مورد استفاده در سطوح صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز به ترتیب صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود.

۰/۰۵، ۰/۵۱ و ۰/۱۲۳ تن در هکتار افزایش می‌یابد.

نرخ جایگزینی نهایی کود پتاسیم به جای آب آبیاری برای عملکرد علوفه‌ی تر نشان می‌دهد، برای اینکه عملکرد محصول با کاهش یک واحد آب آبیاری در ارقام اسپیدفید، KSF₂ و پگاه تغییر نکند لازم است که به ترتیب ۰/۰۵۲، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۶ کیلوگرم کود پتاسیم به ازای هر سانتی‌متر آب مصرفی افزایش یابد.

با توجه به قیمت علوفه‌ی سورگوم در سال زراعی ۹۳-۹۲ (سال انجام پژوهش) برای هر کیلوگرم علوفه‌ی تازه ۲۰۰۰ ریال، ارزش تولید دو عامل آب آبیاری و کود پتاسیم محاسبه شد. مقدار ارزش تولید نهایی نسبت به عمق آب آبیاری برای علوفه‌ی تر ارقام اسپیدفید، KSF₂ و پگاه به ترتیب برابر ۱۹۲۰۰۰۰، ۳۱۸۰۰۰۰ و ۳۹۸۰۰۰۰ ریال بدست

محاسبه شد. حداکثر تاثیر مصرف کود پتاسیم در تنش آبی ۲۵ درصد (سطح آبی ۷۵ درصد) اتفاق افتاد.

بررسی شاخص‌های ارزیابی عملکرد

شاخص تولید نهایی علوفه‌ی تر در کم آبیاری پیوسته در طول دوره‌ی رشد نسبت به آب آبیاری نشان می‌دهد که با افزایش یک سانتی‌متر عمق آب آبیاری و با فرض ثابت ماندن کود پتاسیم، عملکرد علوفه‌ی تر به طور متوسط در ارقام اسپیدفید، KSF₂ و پگاه ۰/۹۶، ۱/۵۹ و ۱/۹۹ تن در هکتار افزایش می‌یابد (جدول ۶). همچنین با توجه به شاخص تولید نهایی کود پتاسیم با افزایش یک واحد کود پتاسیم و با فرض ثابت ماندن مقدار عمق آب آبیاری، به طور متوسط عملکرد علوفه‌ی تر در ارقام اسپیدفید، KSF₂ و پگاه به ترتیب

جدول ۶- مقادیر شاخص‌های ارزیابی عملکرد در ارقام مختلف

عملکرد علوفه‌ی تر			شاخص
پگاه	KSF ₂	اسپیدفید	
۱/۹۹	۱/۵۹	۰/۹۶	شاخص تولید نهایی علوفه نسبت به آب
۰/۱۲۳	۰/۵۱	۰/۰۵	شاخص تولید نهایی کود پتاسیم

مقابل آب و کود پتاسیم برابر با ۲۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار از تیمار کودی ۱۰۰ و آب ۷۵ درصد حاصل شد. با افزایش کود پتاسیم، کارایی مصرف آب افزایش یافت (جدول ۷).

توصیه‌های ترویجی

سورگوم علوفه‌ای به دلیل قابلیت‌های خوبی که دارد، کشت مناسبی (کشت بهاره) برای مناطق خشک و کم آب است. این گیاه می‌تواند کم آبی را به خوبی تحمل نماید. مناسب‌ترین ارقام سورگوم علوفه‌ای، ارقام پگاه، KSF₂ و اسپیدفید هستند. براساس نتایج این پژوهش، تیمار آب ۷۵ و کود پتاسیم ۱۰۰ درصد برای رقم پگاه به عنوان تیمار برتر انتخاب شد. این نتیجه نشان می‌دهد که می‌توان ۲۵ درصد از آب مورد نیاز گیاه را کم کرد. در این پژوهش مشخص شد که تامین کود پتاسیم مورد نیاز برای گیاه (مانند سایر کودها) علاوه بر افزایش عملکرد، بر تحمل گیاه به خشکی تاثیر مثبت دارد.

براساس نتایج این تحقیق، پس از تعیین مقدار آب مورد نیاز سورگوم در هر منطقه (در شرایط آب و هوایی شاهرود نیاز آبی سورگوم

آمد. این شاخص افزایش درآمد محصول را به ازاء افزایش هر یک سانتی‌متر عمق آب آبیاری (نسبت به عمق متوسط ۴۳ سانتی‌متر) نشان می‌دهد. به عبارت دیگر به ازای افزایش هر یک سانتی‌متر آب آبیاری برای ارقام اسپیدفید، KSF₂ و پگاه به ترتیب ۱۹۲۰۰۰۰، ۳۱۸۰۰۰۰ و ۳۹۸۰۰۰۰ ریال افزایش عملکرد خواهیم داشت. همچنین مقدار ارزش تولید نهایی کاربرد کود پتاسیم برای علوفه‌ی تر برابر با ۱۰۰۰۰۰۰، ۱۰۲۰۰۰۰ و ۲۴۶۰۰۰ ریال به دست آمد که نشان می‌دهد به ازای افزایش هر یک واحد کود پتاسیم نسبت به مقدار متوسط (۷۵ کیلوگرم)، در ارقام اسپیدفید، KSF₂ و پگاه به ترتیب ۱۰۰۰۰۰، ۱۰۲۰۰۰۰ و ۲۴۶۰۰۰ ریال افزایش درآمد خواهیم داشت. شیرمحمدی علی اکبرخانی (۳) مقدار ارزش تولید نهایی نسبت به عمق آب آبیاری (در شرایط آب شور) برای علوفه‌ی تر ذرت بر اساس قیمت‌های سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ را برابر با ۱۰۷۸۰۰۰ ریال برآورد نموده است.

کارایی مصرف آب

حداکثر کارایی مصرف آب در اثرات

جدول ۷- اثر متقابل آب آبیاری و کود پتاسیم بر کارایی مصرف آب

کود پتاسیم	آب آبیاری	تیمار	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب هکتار)
عدم مصرف کود (شاهد)	۵۰	آب ۵۰ بدون کود	۶۴/۵	۱۸/۸
	۷۵	آب ۷۵ بدون کود	۷۰/۷	۱۶/۴
	۱۰۰	آب ۱۰۰ بدون کود	۸۵/۵	۱۵/۶
کود ۵۰	۵۰	آب ۵۰ و کود ۵۰	۶۶/۲	۱۹/۵
	۷۵	آب ۷۵ و کود ۵۰	۸۲/۲	۱۹/۱
	۱۰۰	آب ۱۰۰ و کود ۵۰	۹۴/۰	۱۷/۲
کود ۱۰۰	۵۰	آب ۵۰ و کود ۱۰۰	۶۸	۲۰/۱
	۷۵	آب ۷۵ و کود ۱۰۰	۸۷/۸	۲۰/۵
	۱۰۰	آب ۱۰۰ و کود ۱۰۰	۱۰۲/۸	۱۸/۷

* آب مصرفی در طول فصل برای سطوح آبی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۳۲۰۰، ۴۳۰۰ و ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود.
** کود پتاسیم مورد استفاده در سطوح شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز به ترتیب صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود.

نامحلول آن استفاده شود) به خاک اضافه کرد و یا در طول فصل رشد (نوع محلول در آب) و در چند نوبت به گیاه داد.

با توجه به نتایج این پژوهش مشخص شد که رقم پگاه نسبت به دو رقم دیگر دارای عملکرد بیشتر، حساسیت کمتر به کم آبی و کارایی مصرف آب بالاتری است. براساس نتایج این آزمایش، با افزایش هر یک سانتی متر آب آبیاری برای ارقام اسپیدفید، KSF₂ و پگاه به ترتیب ۱۹۲، ۳۱۸ و ۳۹۸ هزار تومان افزایش عملکرد خواهیم داشت.

۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار تعیین شد) می توان مدت زمان آبیاری در هر نوبت را به مقدار یک چهارم کاهش داد. به عنوان مثال چنانچه مدت زمان آبیاری در هر نوبت ۴ ساعت تعیین شده باشد، می توان به جای ۴ ساعت، مدت زمان آبیاری را به ۳ ساعت کاهش داد. مقدار آب مورد نیاز را در صورتی می توان (بدون کاهش عملکرد محصول) کاهش داد که نیاز کود پتاسیم سورگوم تامین شود.

برای تعیین مقدار کود پتاسیم مورد نیاز سورگوم نیز، بایستی خاک مزرعه آزمایش شود. پس از تعیین مقدار کود پتاسیم می توان آن را قبل از کاشت (در صورتی که از نوع

منابع

- ۱- پورعزیزی، م.، و فلاح، س. ۱۳۸۹. تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کیفی علوفه سورگوم. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت، کرج.
- ۲- حبیبی، م.، عبدی، م.، و مهرپویان، م. ۱۳۹۲. مطالعه خصوصیات کیفی علوفه در دو رقم سورگوم علوفه‌ای اسپیدفید و پگاه تحت شرایط کم آبی. همایش ملی کشاورزی نوین، ساوه.

- ۳- شیرمحمدی، ز. ۱۳۹۲. ارزیابی بر هم کنش شوری و کم آبیاری تنظیم شده بر عملکرد و اجزا عملکرد ذرت علوفه‌ای و تعیین تابع تولید آب - شوری. دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۴- علیزاده، ا. ۱۳۸۴. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۴۵۲ صفحه.
- ۵- ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۸. تعادل عناصر غذایی در خاک‌های ایران. مجله آب و خاک، ۱۰: ۱۷-۱۲.
6. Anonymous. 2002. Deficit irrigation practices. Water Report No. 22.
7. Berenguer, M. J., and Faci, J. M. 2001. Sorghum (*Sorghum Bicolor L. Moench*) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. Eur. J. Agron. 15: 43-55.
8. Ellis, F. B., and Barnes, B. T. 1980. Growth of root system of winter cereals grown after different tillage methods including direct drilling. Plant Soil 55: 283-288.
9. Fry, J., and Huang, B. 2004. Applied Turf grass Science and Physiology. John Wiley and sons pob, Inc., Hoboken, New jersey, Canada. 320p.
10. Innes, P., and Black, W. 2001. The effect of drought on water use and yield of two sorghum genotypes. J. Agri. Sci. 96:603-610.
11. Liu, F., Andersen, M. N., Jacobsen, S. E., and Jensen, C. R. 2006. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. J. Hort. Sci. 109(2): 113-117.
12. Muller, B., Pantin, F., Génard, M., Turc, O., Freixes, S., Piques, M., and Gibon, Y. 2011. Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. J. Exp. Bot. 62:15-29.
13. Sepaskhah, A., Zand Parsa, Sh., Ghasemi, M. M., and Ghahraman, B. 2006. comparison of two methods for deficit irrigation of sorghum. IR-WRR 2(2): 1-9.