

## اثر مقادیر آب آبیاری و کود پتاسیم بر رشد ریشه و اندام‌های هوایی ارقام سورگوم علوفه‌ای

سیدحسین موسوی فضل<sup>۱\*</sup>، امین علیزاده<sup>۲</sup>، حسین انصاری<sup>۳</sup>، پرویز رضوانی مقدم<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۲۳

### چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم بر پارامترهای رشدی ریشه و اندام‌های هوایی سورگوم علوفه‌ای، پژوهشی در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) به صورت گلدانی انجام شد. فاکتورهای این پژوهش شامل آب آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه)، کود پتاسیم (۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز) و ارقام سورگوم علوفه‌ای (پگاه، کرج و اسپیدفید) بودند. این پژوهش در قالب طرح بلوک-های کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات ابتدا اندام هوایی گیاه جدا و سپس پارامترهای اندام هوایی شامل سطح برگ، وزن خشک برگ‌ها، وزن خشک ساقه و وزن اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. سپس ریشه‌ها به طور کامل از خاک خارج و شسته می‌شدند. حجم ریشه با روش غوطه‌وری در آب و وزن صفات با ترازوی دقیق (دقت ۰/۰۰۱) تعیین می‌گردید. طول و حجم ریشه‌ها به روش اتکینسون محاسبه شد. وزن خشک ریشه‌ها پس از خشک شدن در گرمخانه تعیین شد. نتایج نشان داد اثر آب آبیاری، کود پتاسیم و رقم بر خصوصیات مرفولوژیکی ریشه (طول، حجم، سطح و وزن خشک) و اندام‌های هوایی گیاه (وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه و نسبت اندام هوایی به ریشه) در سطح یک درصد معنی‌دار است. بیش‌ترین طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه از سطح آب ۱۰۰ درصد حاصل شد. حداکثر طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه نیز از سطح کودی ۱۰۰ درصد بدست آمد. با کاهش مقدار آب آبیاری و کود پتاسیم مقادیر طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه کاهش یافت. رقم اسپیدفید دارای حداکثر طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه بود. ارقام مختلف سورگوم نسبت به تأمین مقادیر مختلف آب آبیاری عکس‌العمل متفاوتی از خود نشان دادند. حساس‌ترین رقم به مقدار آب آبیاری رقم اسپیدفید بود. مقدار آب آبیاری خصوصیات رشدی گیاه را هم در اندام‌های هوایی و هم ریشه به شدت تحت تأثیر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، کود پتاسیم، ریشه، سورگوم علوفه‌ای، پژوهش گلدانی

### مقدمه

دسترسی به مواد غذایی، دمای خاک، قابلیت دسترسی به آب در اعماق و عملیات شخم متفاوت است. محصولات یک ساله معمولاً حداکثر عمق ریشه‌ی خود را در زمان گرده افشانی تکمیل می‌کنند (Aliabadi Farahani et al., 2008).

ریشه، اصلی‌ترین کانال ارتباطی گیاه با آب و مواد غذایی است. در بررسی روابط آب و گیاه باید به سیستم ریشه‌ی گیاه و نقش آن در جذب آب و مواد غذایی توجه داشت. مطالعه‌ی ریشه به دلیل عدم سهولت در دسترسی و مشاهده‌ی آن، کاری دشوار، وقت‌گیر و پرهزینه است. اندازه‌گیری پارامترهای ریشه در گیاه مشکل بوده بخصوص این که هرگونه اقدام برای چنین اندازه‌گیری‌هایی مستلزم بهم زدن وضعیت طبیعی ریشه‌هاست و باعث می‌شود که نتایج حاصل از مطالعات با واقعیت تطابق نداشته باشد (Fry and Huang., 2004). سورگوم از نظر تولید علوفه، محصولی بی‌نظیر است و نیازمند ابزارها و تکنولوژی معمولی برای کاشت، داشت و برداشت است. سورگوم را می‌توان در محدوده وسیعی از انواع خاک‌هایی که PH آن‌ها حدود ۵/۵ - ۸/۵ و دارای سطوح مختلفی از رطوبت باشند،

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده‌ی رشد گیاهان در سراسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است. تنش خشکی به منزله-ی کمبود آب در گیاه است. این وضعیت هنگامی ایجاد می‌شود که میزان تعرق در گیاه از میزان جذب آب تجاوز نماید (هاشمی دزفولی و کوچکی، ۱۳۷۴).

گیاهان برای جذب آب از خاک، وابسته به سیستم ریشه‌ی خود هستند. عمق، سطح و تراکم طول ریشه خصوصیتی هستند که در بین گونه‌های گیاهی متفاوتند. عمق ریشه با محیط رشد، قابلیت

۱ - دانشجوی دکتری پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد  
۲ و ۳ - استاد و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد  
۴ - استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد  
\* - نویسنده مسئول: (Email: Hmousavifazl@yahoo.com)

تعداد دانه در بلال شد. کاربرد کود پتاس در زمان کاشت، اثرات زیان-آور تنش را در مرحله گلدهی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می-دهد (Howell et al., 2001).

برای بررسی اثر کود پتاسیم در شرایط تنش خشکی بر خواص کمی و نفوذ ریشه در ذرت، سورگوم و ارزن، پژوهشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قزوین انجام. نتایج این پژوهش نشان داد عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، روند پر شدن دانه و عمق نفوذ ریشه در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش یافت. کاربرد پتاسیم سبب شد تا اثرات سوء تنش خشکی بر صفات فوق، کاهش و عمق نفوذ ریشه افزایش یابد. هم‌چنین کاربرد پتاسیم در شرایط تنش شدید خشکی، سبب افزایش عملکرد کمی محصول شد (ولدآبادی و فراهانی، ۱۳۸۷).

پژوهشی در مورد رژیم‌های مختلف آبیاری سورگوم انجام شد. نتایج نشان داد مصرف متعادل آب آبیاری در طول مراحل رشد و نمو گیاه سبب افزایش دوره رسیدگی و مقدار محصول می‌شود. قطع آبیاری در مرحله‌ی ۸ برگی و نیز قطع آب تا پایان فصل رشد موجب کاهش شدید عملکرد و اجزای آن می‌شود (بونسی و شریفی‌زاده، ۱۳۸۹).

در پژوهشی دیگر اثر تنش خشکی در طی مراحل رشد سورگوم بر کیفیت بذر بررسی شد. نتایج نشان داد که سطوح کم آبیاری بر درصد جوانه زنی بذر تأثیر معنی‌داری داشت. بیش‌ترین درصد جوانه زنی و بنه بذر در تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین آن در تیمار تنش ملایم در مرحله رویشی و تنش شدید در مرحله زایشی مشاهده شد. اعمال تنش خشکی در مزرعه علاوه بر کاهش عملکرد سورگوم موجب کاهش خصوصیات کیفی بذور تولیدی به خصوص در مرحله‌ی نمو زایشی شد (رضوان بیدختی و همکاران، ۱۳۸۹).

ریشه و اندام‌های هوایی گیاه کاملاً با هم در ارتباط و به همدیگر وابسته‌اند. ریشه هم لنگرگاه گیاه در خاک و هم برای استخراج آب و مواد غذایی ذخیره شده در خاک بسیار مهم است. نسبت ریشه و اندام‌های هوایی در گیاهان همواره متناسب است زیرا این دو با هم در ارتباطند (Muller et al., 2011).

روش‌های متعددی برای مطالعه‌ی ریشه وجود دارد. هر کدام از این روش‌ها دارای دقت متفاوت و مشکلات خاص خود هستند. روش‌هایی که در آن‌ها بتوان به ریشه به‌طور کامل و بدون آسیب دسترسی پیدا کرد، دارای دقت و اعتبار بیش‌تری هستند. روش گلدانی به دلیل آنکه می‌توان به کل ریشه برای داده‌برداری دست یافت، از دقت بالاتری برخوردار است. پژوهش‌های پراکنده و نسبتاً محدودی روی ریشه‌ی برخی گیاهان زراعی مانند ذرت، چمن در داخل کشور انجام شده است. در این پژوهش‌ها بیش‌تر از روش نمونه‌برداری از خاک در منطقه‌ی ریشه استفاده شده است.

کشت کرد. سورگوم علوفه‌ای به آب کم‌تری نسبت به ذرت برای تولید مقدار معینی از ماده‌ی خشک نیاز دارد. علاوه بر آن این محصول دارای چندین چین است که این امر سبب کاهش هزینه‌های تولید در مقایسه با ذرت می‌شود.

متخصصین تغذیه‌ی گیاه، سه عنصر ازت، فسفر و پتاسیم را که غلظت آن‌ها در برگ‌های گیاهان در حدود ۲/۵۰، ۰/۱۵ و ۲/۰۰ درصد است، جزء عناصر اصلی ۱ و گوگرد (S) را جزء عناصر غذایی ثانویه ۲ طبقه‌بندی کرده‌اند (ملکوتی، ۱۳۷۴).

هوازگی کانی‌های پتاسیمی و تداوم مصرف کودهای پتاسیمی از عوامل مؤثر بر ورود پتاسیم به بخش قابل دسترس خاک است. علی‌رغم نیاز فراوان محصولات زراعی به پتاسیم، اما مصرف کودهای پتاسیمی در ایران کم است. مقدار جذب پتاسیم توسط گیاه از جذب هر عنصر مغذی دیگری به غیر از ازت بیش‌تر بوده و در بعضی از گیاهان حتی از جذب ازت نیز بیش‌تر است. پتاسیم بر خلاف ازت و فسفر، نقش ساختمانی در گیاه ندارد ولی با توجه به نقش‌های آنزیمی و کوانزیمی در گیاه، عنصر بسیار حساس و مهمی در گیاه بشمار می-رود به‌طوری‌که حداقل ۵۰ آنزیم گیاهی به‌طور کامل و یا مقدار زیادی از فعالیت‌شان به پتاسیم بستگی دارد. پتاسیم با تنظیم فشار اسمزی سلول‌های روزنه برگ، گیاه را در برابر خشکی مقاوم می‌سازد. پتاسیم سبب انتقال قندها در آوندهای آبکش شده و با انتقال آن به سایر اندام‌ها، رشد آن‌ها را تضمین می‌نماید. پتاسیم تحمل گیاه را نسبت به امراض، سرما و خشکی افزایش داده و استحکام گیاه را موجب می-شود (Holmes., 1985).

پتاسیم علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش تحمل گیاهان به شوری، کم‌آبی، آفات و بیماری‌ها می‌شود. پتاسیم کارایی مصرف آب و عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (ملکوتی، ۱۳۷۴).

در پژوهشی اثر تنش خشکی بر روی سورگوم بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که اجزای عملکرد، شامل تعداد کل دانه در بوته، تعداد دانه‌های بارور و وزن صد دانه نسبت به شاهد، کاهش یافت (Innes and Black., 2001).

پژوهشی بر روی ارزن نشان داد که تنش خشکی تعداد ریشه‌های فرعی گیاه را به شدت کاهش می‌دهد و عملکرد دانه افت بیش‌تری نسبت به شرایط بدون تنش دارد. کاربرد پتاسیم تحت این شرایط باعث گسترش ریشه شده و در نهایت عملکرد دانه را افزایش داد (Farooqi, et al., 2004).

نتایج پژوهش هاوول و همکاران نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه، طول ریشه، ارتفاع گیاه، طول برگ، طول بلال و

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک مزرعه

عمق خاک (سانتی‌متر)		پارامتر های اندازه‌گیری شده
۳۰-۶۰	۰-۳۰	
لوم	لوم	بافت خاک
۴۵	۴۵	الف- درصد شن
۳۴	۳۲	ب- درصد سیلیت
۲۱	۲۳	ج- درصد رس
۱/۵۹	۱/۴۶	۲- وزن مخصوص ظاهری ( gr/cm <sup>3</sup> )
۱۹/۷	۲۰/۷	۳- رطوبت وزنی در حد ظرفیت مزرعه (درصد)
۹	۹/۵	۴- رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی (درصد)
۷/۸	۷/۹	۵- اسیدیته خاک (pH)
۱/۳	۱/۴	۶- هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)
		۷- عناصر غذایی
۳۶۰	۱۵۰	الف- پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)
۱۲	۱۶	ب- فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)
۰/۰۵	۰/۰۵	ج- ازت کل (درصد)

جدول ۲ - نتایج تجزیه‌ی کیفی آب مورد استفاده در آزمایش

SAR	آن‌یون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)		کاتیون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)					PH	هدایت الکتریکی (EC) (میکروموس بر سانتی- متر)
	Hco <sup>3-</sup> + Co <sup>32-</sup>	SO <sup>4-</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>			
۲/۱	۲/۹۸	۰/۹۲	۵/۲	-	۲/۵	۵/۶	۸/۱	۱۱۵۱	

آزمایشگاه منتقل شد. بعد از خشک کردن نمونه‌ها و خرد کردن آن‌ها با عبور دادن از الک ۲ میلی‌متری، بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری و وزن مخصوص ظاهری خاک با روش پارافین (نمونه‌های دست نخورده) و مقدار رطوبت در حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی با استفاده از صفحات فشاری<sup>۱</sup> در مکش‌های ۰/۳ و ۱۵ بار تعیین شد. با استفاده از گل اشباع تهیه شده از نمونه خاک PH آن توسط دستگاه PH متر و هدایت الکتریکی خاک بوسیله دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. فسفر خاک به روش اسپکتروفتومتر<sup>۲</sup> و ازت کل خاک به روش کج‌لدال تعیین شد. جدول (۱) خلاصه نتایج خاک مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

#### کیفیت آب

به منظور تعیین کیفیت آب آبیاری نمونه‌ای از منبع آب تهیه و آزمایش شد. نتایج تجزیه‌ی کیفی آب مورد آزمایش در جدول (۲) ارائه شده است.

در این پژوهش از روش گلدانی بر روی ارقام سورگوم علوفه‌ای، با هدف بررسی تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات مورفولوژیکی ریشه و اندام هوایی، استفاده شد.

#### مواد و روش‌ها

##### مشخصات محل

محل اجرای طرح اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) واقع در کیلومتر ۳ جاده‌ی شاهرود - بسطام با متوسط بارندگی ۱۷۵ میلی‌متر است. بر اساس آمار درجه حرارت و منحنی آمبروترمیک، دوره‌ی خشک از اواسط اردیبهشت ماه شروع و تا نیمه‌ی آبان ماه ادامه دارد و بقیه‌ی ماه‌های سال جزء دوره‌ی مرطوب منطقه محسوب می‌گردد. اقلیم منطقه مطابق طبقه‌بندی آمبروزه خشک و سرد است.

##### خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌هایی از خاکی که قرار بود برای پر کردن گلدان‌ها استفاده شود، تهیه و به

1 - Pressure Plate

2 - Spectro PHotometer

## روش پژوهش

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم بر پارامترهای رشدی ریشه و اندام‌های هوایی سورگوم علوفه‌ای پژوهشی در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود) به صورت گلدانی انجام شد. فاکتورهای این پژوهش عبارت بودند از: ۱- مقادیر مختلف آب آبیاری در ۳ سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه) ۲- مقادیر کود پتاسیم در ۲ سطح (۵۰ و ۱۰۰ درصد کود مورد نیاز براساس آزمون خاک) ۳- ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای در ۳ سطح (رقم پگاه، اسپیدفید و KFS2). این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل با ۱۸ تیمار آزمایشی و ۳ تکرار انجام شد. در این پژوهش ۵۴ گلدان پلاستیکی به حجم ۴۲ لیتر (قطر ۳۰ و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر) انتخاب شدند. گلدان‌ها از خاک مزرعه‌ای اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) پر شدند و در فضای باز با هدف ایجاد شرایط طبیعی مستقر شدند (شکل ۱). برای جلوگیری از اثر گرمای محیط، اطراف گلدان‌ها با یک لایه مواد عایق حرارتی و خاک پوشیده شدند (شکل ۲). سه عدد بذر با توجه به تیمارها در هر گلدان کشت شد. بعد از سبز شدن و چند برگی شدن گیاه، فقط یک بوته در هر گلدان نگهداری شد.



شکل ۲ - گلدان‌ها در مرحله قبل از برداشت

برای اندازه‌گیری پارامترهای ریشه ابتدا اندام هوایی گیاه جدا می‌شد. سپس پارامترهای اندام هوایی شامل سطح برگ، وزن خشک برگ‌ها، وزن خشک ساقه و وزن اندام هوایی اندازه‌گیری می‌شدند. سپس اقدام به در آوردن کامل ریشه می‌شد. برای خارج کردن ریشه از خاک، ۱۲ ساعت قبل از آن برای خیس شدن کامل خاک گلدان، آبیاری به‌طور کامل انجام می‌شد. پس از خیس شدن کامل هر گلدان با استفاده از یک عدد چرخ حمل بار، به روی یک تور سیمی در سکوی که برای شستشوی گلدان‌ها تعبیه شده بود منتقل می‌شد (شکل ۳ گلدان آماده حمل را نشان می‌دهد) در روی این صفحه‌ی توری، گلدان پاره می‌شد و محتویات گلدان و ریشه به آهستگی با آب شسته می‌شدند و ریشه به‌طور سالم از خاک جدا می‌شد (شکل ۴ و ۵). حجم ریشه با روش غوطه‌وری در آب، و وزن تر با ترازوی دقیق (دقت ۰/۰۰۱) اندازه‌گیری می‌شد. طول و حجم ریشه‌ها بر اساس روش اتکینسون<sup>۱</sup> محاسبه شد. برای تعیین وزن خشک، ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در گرمخانه با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک آن‌ها تعیین شد. تراکم طول ریشه از تقسیم طول ریشه به حجم خاک گلدان و نسبت ریشه به اندام هوایی از تقسیم طول ریشه به وزن اندام هوایی محاسبه شد.



شکل ۱ - پر کردن گلدان‌ها از خاک مزرعه

آبیاری با سیستم قطره‌ای با دور آبیاری ۲ روز انجام می‌شد. برای محاسبه آب مورد نیاز گیاه از روش پنمن-مانیتیت استفاده شد. براساس این روش میزان تبخیر و تعرق محاسبه و برای تعیین ضریب گیاهی KC از روش ارائه شده در نشریه‌ی FAO-56 استفاده شد. آب مورد نیاز هر سطح آبی از حاصل ضرب ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق پتانسیل (استاندارد) و ضرایب ۰/۷۵، ۱ و ۰/۷۵ و نیز در نظر

سطح آب ۱۰۰ درصد حاصل شد. با کاهش آب مصرفی مقادیر طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه به مقدار نسبتاً زیادی کاهش یافت. این مقدار کاهش در سطح آبی ۵۰ درصد (به ترتیب ۲۷۶۴۵ سانتی-متر، ۱۲۸/۵ سانتی-متر مکعب، ۶۶۷۸ سانتی-متر مربع و ۳۱ گرم) به کم‌تر از نصف در مقایسه با سطح آبی ۱۰۰ درصد رسید (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های هاول (Howel., 2004)، فاروقی (Farooqi., 2001) اینس (Innes., 2001) مطابقت دارد.



شکل ۵ - ریشه‌ی شسته شده



شکل ۳ - گلدان آماده‌ی برداشت



شکل ۴ - بوته با ریشه‌ی کامل

### اثر آب آبیاری بر اندام‌های هوایی گیاه

اثر مقادیر آب آبیاری بر وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه و نسبت اندام هوایی به ریشه در سطح یک درصد معنی-دار شد. بیش‌ترین وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه (به ترتیب برابر ۱۰۳/۸ و ۲۸۲/۶ گرم) و سطح برگ (۱۲۸۳۸ سانتی-مترمربع) از سطح آب ۱۰۰ درصد بدست آمد. با کاهش مقدار آب مصرفی مقادیر وزن خشک برگ، سطح برگ و وزن خشک ساقه کاهش یافت (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های هاول (Howel., 2004)، فاروقی (Farooqi., 2001)، اینس (Innes., 2001) مطابقت دارد.

### اثر کود پتاسیم بر خصوصیات ریشه

مقادیر کود پتاسیم بر طول ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه و وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه (به ترتیب ۴۷۳۵۰ سانتی-متر، ۲۱۹/۸ سانتی-متر مکعب، ۱۱۴۲۹ سانتی-متر مربع و ۵۳/۲ گرم) از سطح کودی ۱۰۰ درصد حاصل شد.

### نتایج و بحث

تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که عوامل آب آبیاری، کود پتاسیم و رقم بر خصوصیات مرفولوژیکی ریشه (طول، حجم، سطح و وزن خشک) و اندام‌های هوایی گیاه (شامل وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه و نسبت اندام هوایی به ریشه) در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. جدول (۳) نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها را نشان می‌دهد.

### اثر آب آبیاری بر خصوصیات مرفولوژیکی ریشه

اثر مقادیر مختلف آب آبیاری بر طول ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه و وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه (به ترتیب ۵۹۰۳۷ سانتی-متر، ۲۷۴/۴ سانتی-متر مکعب، ۱۴۲۵۴ سانتی-متر مربع و ۶۶/۳ گرم) از

جدول ۳ - تجزیه واریانس میانگین مربعات

اندام - هوایی به ریشه	سطح برگ (سانتی متر مربع)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	میانگین مربعات			وزن خشک ریشه (گرم)	درجه آزادی	منابع تغییر
				سطح ریشه (سانتی متر مربع)	طول ریشه (سانتی متر)	حجم ریشه (سانتی متر مکعب)			
۱۹	۶/۷×۱۰ <sup>۵</sup>	۱/۹۴×۱۰ <sup>۳</sup>	۱۱/۸۹	۱/۱×۱۰ <sup>۷</sup>	۱/۱×۱۰ <sup>۷</sup>	۳/۸×۱۰ <sup>۶</sup>	۳۹۴	۲	تکرار
***	***	***	***	***	***	***	***		
۵/۶	۴/۹×۱۰ <sup>۷</sup>	۱/۰۳×۱۰ <sup>۴</sup>	۲/۱×۱۰ <sup>۳</sup>	۲/۶×۱۰ <sup>۸</sup>	۱/۵×۱۰ <sup>۹</sup>	۹/۶×۱۰ <sup>۴</sup>	۴/۹۳	۲	آب
۱/۶۸	۷/۸×۱۰ <sup>۶</sup>	۹۰/۳	۱۳۶	۹/۱×۱۰ <sup>۶</sup>	۱/۲×۱۰ <sup>۸</sup>	۳۳۷۲	۹۰/۲	۴	تکرار × آب
***	***	***	*	*	***	**	*		
۰/۰۰۴	۳/۷×۱۰ <sup>۷</sup>	۷۷۰۴	***۹۹۳	۲/۸×۱۰ <sup>۷</sup>	۱/۹×۱۰ <sup>۹</sup>	۱۰۵۳۱	۶۹۷/۳	۱	پتاسیم
			***	***		***	***		
۱۰/۱	۵/۱×۱۰ <sup>۶</sup>	۴۸۸/۴	۷۹۴	۸/۴×۱۰ <sup>۷</sup>	۳/۱×۱۰ <sup>۷</sup>	۲۳۹۲۵	۶۲۹۱	۲	رقم
		***							آب ×
۱/۳۳	۴/۶×۱۰ <sup>۶</sup>	۵۰۸۲	۱۷۰/۵	۶×۱۰ <sup>۶</sup>	۳/۲×۱۰ <sup>۸</sup>	۲۳۳۰	۶۱۵/۵	۲	پتاسیم
	***	***	***						
۱/۷۶	۲/۲×۱۰ <sup>۷</sup>	۳۴۹۴	۴۹۸	۲×۱۰ <sup>۷</sup>	۲/۴×۱۰ <sup>۸</sup>	۶۸۶۲	۱۶۸۹	۴	آب × رقم
***	***	***	***	*	***	**			پتاسیم ×
۶/۵	۲×۱۰ <sup>۷</sup>	۴۹۳	۴۸۷	۳/۳×۱۰ <sup>۶</sup>	۲/۸×۱۰ <sup>۹</sup>	۱۲۵۹۶	۴۲۰	۲	رقم
									آب ×
**	۶×۱۰ <sup>۶</sup>	***	۱۵۹	۸/۹×۱۰ <sup>۶</sup>	۲×۱۰ <sup>۸</sup>	۳۳۷۷	***	۴	پتاسیم ×
۳		۳۸۸۵					۲۱۳۸		رقم
۱/۵۶	۱/۹×۱۰ <sup>۶</sup>	۵۱۲	۴۳/۸	۵/۲×۱۰ <sup>۶</sup>	۹/۷×۱۰ <sup>۷</sup>	۱۸۸۱	۱۱۵	۳۰	خطا
۱۷	۱۵/۵	۲۳	۱۵	۲۱/۳	۲۱	۲۱	۲۱		ضریب تغییرات

\*\*\* معنی دار در سطح یک درصد      \*\* معنی دار در سطح ۵ درصد

درصد بدست آمد. با کاهش کود مصرفی وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه کاهش یافت. اثر کود پتاسیم بر نسبت اندام هوایی به ریشه معنی دار نشد (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های ولدآبادی و فراهانی (۱۳۸۷) یکسان است.

#### اثر رقم بر خصوصیات مرفولوژیکی ریشه

اثر ارقام مختلف سورگوم بر طول ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه و وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی دار شد. بیشترین طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه (به ترتیب ۵۵۹۰۲ سانتی متر، ۲۴۵/۶ سانتی متر مکعب، ۱۳۱۳۱ سانتی متر مربع و ۶۲/۸ گرم) از رقم اسپیدفید (Vs) حاصل شد.

با کاهش کود پتاسیم مقادیر طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه به مقدار نسبتاً زیادی کاهش یافت. این مقدار در سطح کودی ۵۰ درصد (به ترتیب ۴۱۴۵۹ سانتی متر، ۱۹۱/۸ سانتی متر مکعب، ۹۹۹۲ سانتی متر مربع و ۴۶/۶ گرم) به بیش تر از نصف در مقایسه با سطح کودی ۱۰۰ درصد کاهش یافت (جدول ۴). این نتایج مشابه یافته‌های ولدآبادی و فراهانی (۱۳۸۷) است.

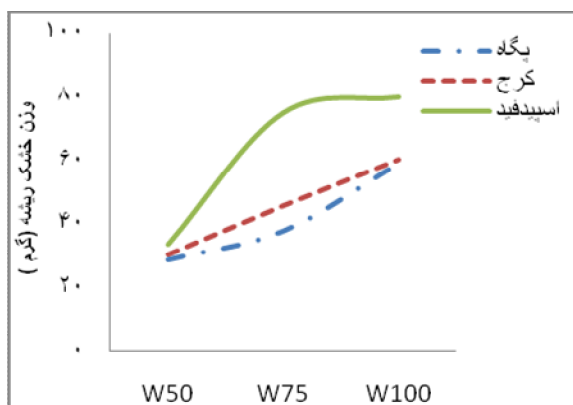
#### اثر کود پتاسیم بر اندام‌های هوایی گیاه

سطوح مختلف کود پتاسیم بر وزن خشک برگ، سطح برگ و وزن خشک ساقه در سطح یک درصد معنی دار شد. بیشترین مقدار وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه (به ترتیب برابر ۹۷/۷ و ۲۲۸/۵ گرم) و سطح برگ گیاه (۱۰۹۴۴ سانتی متر مربع) از سطح کودی ۱۰۰

جدول ۴ - مقایسه‌ی میانگین‌ها

میانگین‌ها								منابع تغییر
نسبت اندام هوایی به ریشه	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	سطح ریشه (سانتی‌متر مربع)	طول ریشه (سانتی‌متر)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	وزن خشک ریشه (گرم)	
۳/۹ a	۱۲۸۳۸ a	۲۸۲/۶ a	۱۰۳/۸ a	۱۴۲۵۴ a	۵۹۰۳۷ a	۲۷۴/۲ a	۶۶/۳ a	آب W <sub>100</sub>
۳/۸ a	۹۷۵۹/۵ b	۱۸۹/۵ b	۹۴/۴ a	۱۱۲۰۰ b	۴۶۵۳۱ b	۲۱۴/۸ b	۵۲/۳ b	W <sub>75</sub>
۳/۶ a	۷۸۲۱ c	۱۳۷/۵ c	۷۸/۵۰ b	۶۶۷۸ c	۲۷۶۴۵ c	۱۲۸/۵ c	۳۱/۱ c	W <sub>50</sub>
								پتاسیم
۳/۷ a	۱۰۹۴۴ a	۲۲۸/۵ a	۹۷/۷ a	۱۱۴۲۹ a	۴۷۳۵۰ a	۲۱۹/۸ a	۵۳/۲ a	K <sub>100</sub>
۳/۴ a	۸۹۵۴ b	۱۸۲/۶ b	۷۸/۲ b	۹۹۹۲ b	۴۱۴۵۹ b	۱۹۱/۸ b	۴۶/۶ b	K <sub>50</sub>
								رقم
۲/۷ c	۱۳۲۳۶ a	۲۳۸ a	۱۱۳/۲ a	۱۳۱۳۱ a	۵۵۹۰۲ a	۲۴۵/۶ a	۶۲/۸ a	V <sub>s</sub>
۳/۷ b	۹۶۱۹ b	۲۳۰ a	۷۸/۷ b	۱۰۰۳۷ b	۴۰۵۳۹ b	۱۹۷/۹ b	۴۵/۵ b	V <sub>k</sub>
۴/۲ a	۸۹۶۶ b	۱۹۷/۳ a	۷۶/۶ b	۸۹۶۴ b	۳۶۷۲۲ b	۱۷۴ b	۴۱/۳ b	V <sub>p</sub>

می‌شود. این شیب در رقم کرج تقریباً یکنواخت، اما در رقم پگاه بر عکس رقم اسپدیفید است. شیب تغییرات در رقم پگاه ابتدا کندتر و در مقادیر آب ۷۵ به ۱۰۰ درصد تندتر می‌گردد. شکل‌های (۶) تا (۸) تغییرات وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ و سطح برگ را در ارقام مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۶ - تغییرات وزن خشک ریشه نسبت به مقدار آب در ارقام

#### وزن مخصوص ریشه‌ها در ارقام مختلف

وزن مخصوص ریشه از تقسیم وزن تر ریشه بر حجم آن محاسبه شد. عوامل آب آبیاری و کود پتاسیم بر وزن مخصوص ریشه معنی‌دار نشد. وزن مخصوص ارقام اسپدیفید، کرج و پگاه به ترتیب برابر ۰/۹۹، ۰/۹۸ و ۰/۹۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب بدست آمد.

رقم کرج (V<sub>k</sub>) و رقم پگاه (V<sub>p</sub>) از نظر پارامترهای ریشه در سطح پایین‌تری نسبت به رقم اسپدیفید قرار گرفتند. این دو رقم در بسیاری موارد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴).

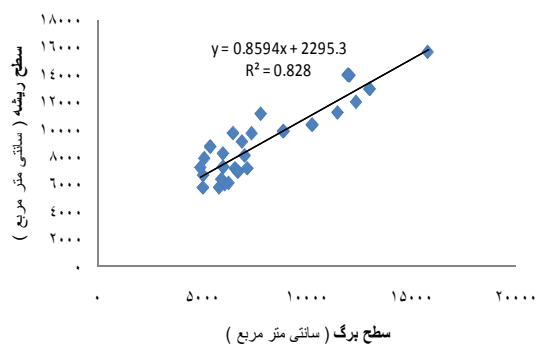
#### اثر رقم بر اندام‌های هوایی گیاه

اثر ارقام بر وزن خشک برگ و سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین وزن خشک برگ و سطح برگ (به‌ترتیب ۱۱۳/۲ گرم و ۱۳۲۳۶ سانتی‌متر مربع) از رقم اسپدیفید (V<sub>s</sub>) حاصل شد. رقم کرج (V<sub>k</sub>) و رقم پگاه (V<sub>p</sub>) از نظر پارامترهای ریشه در سطح پایین‌تری نسبت به رقم اسپدیفید قرار گرفتند. این دو رقم در بسیاری موارد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. وزن خشک ساقه در بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین مقدار نسبت اندام هوایی به ریشه از رقم پگاه (۴/۲) نتیجه شد (جدول ۴). قطر ساقه در رقم اسپدیفید در مقایسه با دو رقم دیگر کم‌تر بود. اما قدرت پنجه‌زنی و تعداد ساقه‌ها در این رقم بیش‌تر از دو رقم دیگر بود. در رقم اسپدیفید وزن کم‌تر ساقه در مقایسه با ارقام دیگر از طریق افزایش در تعداد ساقه‌ها جبران می‌شود.

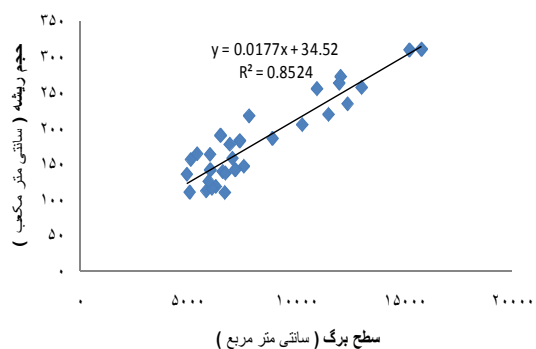
#### عکس‌العمل ارقام سورگوم به آب آبیاری

نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام مختلف سورگوم نسبت به تأمین مقادیر مختلف آب آبیاری عکس‌العمل متفاوتی دارند. حساس‌ترین رقم به مقدار آب آبیاری رقم اسپدیفید بود. مقدار آب آبیاری خصوصیات رشدی گیاه را هم در اندام‌های هوایی و هم ریشه به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در رقم اسپدیفید، شیب این تغییرات در مقادیر آب ۵۰ به ۷۵ درصد تند و در مقادیر ۷۵ به ۱۰۰ درصد کندتر

روابط بین وزن تر برگ و وزن تر ریشه، سطح برگ و سطح ریشه، و نیز روابط بین سطح برگ و حجم ریشه تعیین و نمودار پراکنش آن‌ها رسم شد. نتایج نشان داد همبستگی بالایی بین داده‌های این صفات وجود داشت. ضریب تبیین ( $R^2$ ) بین صفات مذکور به ترتیب ۰/۹۰۷، ۰/۸۲۸ و ۰/۸۵۲ بدست آمد. شکل‌های (۹) تا (۱۱) روابط صفات مورد بررسی و معاللات مربوطه را نشان می‌دهد.



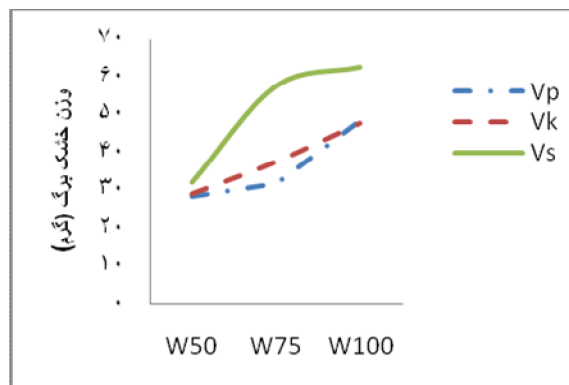
شکل ۱۰ - رابطه‌ی سطح برگ و سطح ریشه سورگوم



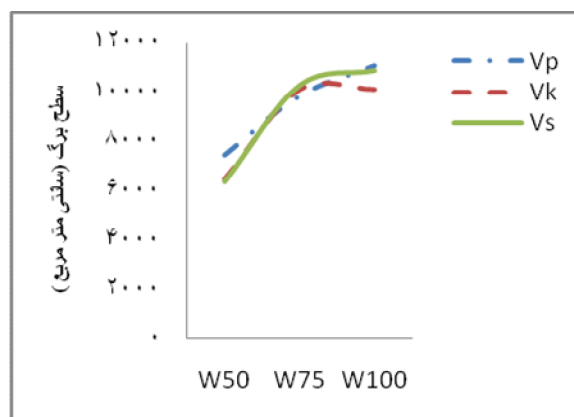
شکل ۱۱ - رابطه‌ی سطح برگ و حجم ریشه سورگوم

### نتیجه‌گیری

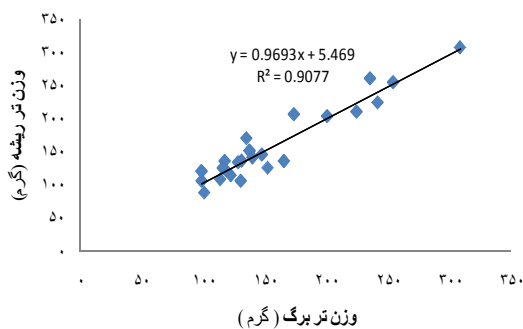
نتایج نشان داد کاهش مقدار آب آبیاری سبب کاهش اجزاء عملکرد (ریشه و اندام‌های هوایی) می‌شود به عبارت دیگر وقتی مقدار آب آبیاری از ۵۰ درصد به ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد، شیب این تغییرات یکنواخت نیست. شیب تغییرات مقدار آب از ۵۰ به ۷۵ درصد تند و شیب تغییرات از ۷۵ به ۱۰۰ درصد ملایم‌تر است. این امر نشان می‌دهد که کاهش مقدار آب به اندازه‌ی ۲۵ درصد، اگر چه باعث کاهش عملکرد می‌شود اما با توجه به شرایط کم آبی منطقی است. از طرف دیگر تأمین کود پتاسیم به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز خاک نیز می‌تواند بخشی از تنش یا کمبود آب را جبران نماید و مانع زیان‌های ناشی از تنش گردد. نکته قابل توجه دیگر معنی‌دار نشدن نسبت



شکل ۷ - تغییرات وزن خشک برگ نسبت به مقدار آب آبیاری



شکل ۸ - تغییرات سطح برگ نسبت به مقدار آب آبیاری



شکل ۹ - رابطه‌ی وزن برگ و ریشه سورگوم

### رگرسیون بین اندام‌های هوایی و ریشه

تجزیه‌ی رگرسیون از کاربردی‌ترین روش‌های آماری است که برای تجزیه و تحلیل رابطه‌ی بین دو متغیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. رگرسیون روابط میان متغیرها را به سادگی و به صورتی با مفهوم بیان می‌کند. به طور کلی، تجزیه رگرسیون مجموعه‌ای از روش‌ها و تکنیک‌هاست که برای کمک به درک رابطه‌ی بین گروهی از متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد (سلطانی، ۱۳۸۶). در این پژوهش



جلوگیری از مصرف بی‌رویه‌ی کودهای شیمیایی. ماهنامه علمی، اقتصادی و کشاورزی. مهر ۱۳۷۴. ص ۱۷-۱۲.  
 ولدآبادی، ع. فراهانی، ح. ۱۳۸۷. اثر پتاسیم بر خواص کمی و توسعه ریشه ذرت، سورگوم در شرایط تنش خشکی. مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران جلد ۴، شماره ۲. ص ۵۲-۳۷.  
 هاشمی دزفولی، ا. کوچکی، ع. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۷-۲۳.  
 یونسی، ا. شریف زاده، ف. ۱۳۸۹. اثر رژیم آبیاری بر عملکرد، اجزا عملکرد و برخی خصوصیات جوانه زنی سورگوم. مجله علوم گیاهان زراعی ایران (علوم کشاورزی ایران). جلد ۱، شماره ۴۱. ص ۱۸۷-۱۹۵.

- Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, M. H., Shiranirad, A. H., Valadabadi, A. R. and Daneshian, J. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of Coriander. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2 :6. 125-131.
- Farooqi, A. A., Bssreeramu, Kh. 2004. Cultivation of spice crops. Universities Press. pp: 128-148.
- Fry, J and Huang, B. 2004. Applied Turfgrass Science and Physiology. John Wiley and sons pub, Inc., Hoboken, Newjersey, Canada. 320 p.
- Holmes, M. R. 1985. Nitrogen top-dressing requirements of winter oilseed rape. *Journal of Food and Agriculture Sciences*. 31:119-127.
- Howell, T. A., Yazar, A., Schneider, A. D., Duser, D. A. and Copeland, K. S. 1995. Yield and water use efficiency of corn in response to lepa irrigation. *Transacation of the ASAE* 38:6. 1737-1747.
- Innes, P and Black, W. 1981. The effect of drought on water use and yield of two sorghum genotypes. *Journal of Agriculture Sciences*, 96: 603-610.
- Muller, B., Pantin, F., Génard, M., Turc, O., Freixes, S., Piques, M., Gibon, Y. 2011. Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. *Journal of Experimental Botany*. 62:1715-29.

اندام‌های هوایی به ریشه در سطوح مختلف آب و کود پتاسیم است. این امر نشان می‌دهد که، وقتی آب مصرفی کاهش می‌یابد اندام‌های هوایی و زیرزمینی را به‌طور یکنواخت تحت تأثیر قرار می‌دهد. چون ریشه با اندام‌های هوایی از جهات مختلف در ارتباطند، بنابراین هر تغییری که در یکی رخ دهد در دیگری نیز چنین خواهد شد. از آنجاییکه رشد بستگی به تأمین کربوهیدرات‌های مورد لزوم در اندام‌های هوایی دارد، عواملی مانند کاهش سطح برگ و نور که موجب کاهش فتوسنتز می‌شوند رشد ریشه را تقلیل می‌دهند. ریشه اولین اندامی است که به آب دسترسی دارد و قاعدتاً وقتی گیاه تحت تنش آبی قرار می‌گیرد، ریشه باید ابتدا نیاز خود را تأمین نماید و افت وزن آن نیابستی نسبتاً شدید باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که این تصور نادرست است و تغییرات وزن خشک ریشه از سطح آبی ۵۰ به ۱۰۰ درصد برابر با ۳۵/۲ گرم (۵۳ درصد) است. این نشان می‌دهد که همواره و تحت هر شرایطی، تناسب یکسانی بین اندام زیرزمینی و اندام‌های هوایی گیاه وجود دارد. نتایج پژوهش‌های مولر و همکاران (۲۰۱۱) نیز موید همین موضوع است. با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش، سطح آبی ۷۵ درصد و سطح کود پتاسیم ۱۰۰ درصد و رقم پگاه به عنوان تیمار برتر پیشنهاد می‌گردد.

## تشکر و قدردانی

این پژوهش در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) انجام شد. بدینوسیله از پرسنل محترم آن مرکز به دلیل همکاری انجام شده، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

- رضوان بیدختی، ش. سنجابی، س و انوار خواه، س. ۱۳۹۰. اثر کم آبیاری در مزرعه بر خصوصیات کیفی بذر سورگوم. دومین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر. ۴-۵ آبان. مشهد ایران.  
 سلطانی، ا. ۱۳۸۶. کاربرد نرم افزار SAS در آنالیز آماری (ویرایش دوم). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.  
 ملکوتی، م. ۱۳۷۴. بررسی تعادل عناصر غذایی خاک‌های ایران و

## Effect of Different levels of Irrigation Water and Potassium Fertilizer on Root and Shoot Growth of Forage Sorghum

S. H. Mousavi Fazl<sup>1\*</sup>, A. Alizadeh<sup>2</sup>, H. Ansari<sup>3</sup>, P. Rezvani Moghaddam<sup>4</sup>

Recived: May. 31, 2014

Accepted: Oct. 15, 2014

### Abstract

In order to study the effects of irrigation water (50, 75 and 100%) and potassium fertilizer (50 and 100% Potassium fertilizer required) on the growth of roots and shoots of sorghum varieties (Pegah, Karaj and Speedfeed), a pot experiment was conducted in Agricultural Research Center of Semnan province (shahrood). The experimental treatments were arranged as split plots based on a randomized complete block design with three replications. Factors in this study were including irrigation water, potassium fertilizers and varieties of forage sorghum. To measure the characteristics of shoot plant, at first they were removed and leaf area, leaf dry weight, stem dry weight and shoot weight were measured. Then the roots were completely removed and washed. The root volume was determined by immersion in water and weighed. Root length and root volume was calculated by the method of Atkinson. The results showed that the effects of irrigation water and potassium fertilizer on the root morphological characteristics (length, volume, area and dry weight) and plant shoot (leaf dry weight, leaf area, shoot dry weight and shoot to root ratio) were significant. The maximum length, volume, area and root dry weight, dry weight of leaf, stem dry weight and leaf area were obtained from the water level of 100 percent. The maximum length, volume, area and root dry weight, leaf dry weight, stem dry weight were obtained from the fertilizer level of 100 percent. Speedfeed variety had maximum length, volume, leaf area and root dry weight. Speedfeed variety was the most sensitive to the amount of irrigation water. The amount of irrigation water affected on the growth characteristics both shoots and roots severely.

**Keywords:** Irrigation water, Potassium, Roots, Sorghum, Pot experiment

1 - PhD student of Ferdowsi University of Mashhad International Campus

2,3 – Professor and Associate Professor of Water Engineering, Department Faculty, of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad Respectively.

4 - Professor Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(\* Corresponding Author : Hmousavifazl@yahoo.com)