Archive of SID

اثر کم‌آبیاری تنظیم شده و کود پتاسیم بر دینامیک ریشه، عملکرد محصول و اجزاء آن در ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای

سیدحسن موسوی‌فضل[۱] *، امین علیزاده، حسین انصاری و پرویز رضوانی مقدم

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

Hmousavifazl@yahoo.com

استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

alizadeh@gmail.com

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

ansari_hos@yahoo.com

استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

rezvani@um.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات رشدی ریشه، اندام‌های هوایی، عملکرد و کارایی مصرف آب در سه رقم سورگوم علوفه‌ای، پژوهشی در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان(شاهرود) در سال ۱۳۹۳ به صورت گلدانی و مزرعه‌ای انجام شد. متغیرهای این پژوهش عبارت بودند از : ۱- آب آبیاری در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز) ۲- کود پتاسیم در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود مورد نیاز براساس آزمون خاک) ۳- ارقام سورگوم علوفه‌ای در سه سطح (پگاه، اسپیدفید و کرج). پژوهش گلدانی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل و پژوهش مزرعه‌ای در قالب طرح کرت‌های خرد شده به صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. در پژوهش گلدانی۲۴۳ گلدان پلاستیکی به قطر ۳۰ و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر انتخاب شد. در هر دو پژوهش، آب آبیاری با استفاده از داده‌های هواشناسی محل به روش پنمن- مانتیث محاسبه و با روش آبیاری قطره‌ای در اختیار گیاه قرار گرفت. نمونه‌برداری از ریشه (پژوهش گلدانی) در سه مرحله در طول فصل زراعی به صورت تخریبی انجام شد. حجم ریشه با روش غوطه‌وری در آب و وزن آن با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. در پژوهش گلدانی علاوه بر پارامترهای ریشه، سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و وزن اندام هوایی نیز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد اثر آب آبیاری و کود پتاسیم بر عملکرد علوفه‌ی تر در پژوهش مزرعه‌ای، خصوصیات ریشه (حجم و وزن خشک) در پژوهش گلدانی و اندام‌های هوایی گیاه (هر دو پژوهش) معنی‌دار شد. در پژوهش مزرعه‌ای بیشترین عملکرد، از سطح آب و کود ۱۰۰ درصد (۱۰۲/۸ تن در هکتار) بدست آمد. رقم پگاه با عملکرد ۹۲/۷ تن در هکتار در بین ارقام، بیشترین عملکرد علوفه را داشت. حداکثر کارایی مصرف آب (۲۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) برای علوفه‌ی تازه از تیمار آب ۷۵ ٪ و کود ۱۰۰ درصد بدست آمد. تیمار آب ۷۵٪ و کود ۱۰۰ درصد و رقم پگاه (W75K100Vp) به عنوان تیمار برتر تعیین شد. کاربرد کود پتاسیم (به اندازه‌ی نیاز) توانست بخشی از زیان‌های ناشی از کمبود آب را جبران نماید. معادلات ریاضی حجم و وزن ریشه نسبت به زمان و نیز روابط بین برخی صفات اندام هوایی و ریشه با استفاده از داده‌های پژوهش گلدانی تعیین شدند.

واژه‌های کلیدی: آب‌آبیاری، پژوهش گلدانی، خصوصیات ریشه.

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: شاهرود،کیلومتر سه جاده شاهرود به آزاد شهر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان(شاهرود)

*- دریافت: خرداد ۱۳۹٤ و پذیرش: اسفند ۱۳۹٤

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

هر چند هنوز در مقیاس جهانی منابع آب فراوانند، اما کمبود آب در نواحی خشک و نیمه‌خشک جدی است. این کمبود روز به روز در حال افزایش است (فائو،۲۰۰۲). کم-آبیاری تنظیم‌شده یکی از راه‌های حداکثر کردن کارایی مصرف آب به ازای هر واحد آب مصرفی است. هدف اصلی در کم-آبیاری، حذف آبیاری‌هایی است که تاثیر کمتری بر عملکرد دارند. پژوهش‌های زیادی در زمینه‌ی تاثیر کم-آبیاری بر عملکرد گیاهان انجام شده است (فائو، ۲۰۰۲). اگر چه عموما حداکثر عملکرد محصول در نتیجه آبیاری کامل بدست می‌آید، اما همواره عملکرد حداکثر، عملکرد اقتصادی نخواهد بود (شیرمحمدی علی اکبرخانی، ۱۳۹۲). کم‌آبیاری تنظیم شده در بسیاری از مناطق جهان رایج است. در ایران نیز در سال‌های اخیر تحقیقاتی در زمینه‌ی کم‌آبیاری بر روی برخی از محصولات کشاورزی انجام شده است (سپاسخواه، ۲۰۰٦).

سورگوم علوفه‌ای، گیاهی است که نقش اساسی در تامین علوفه‌ی دام دارد. سورگوم محصولی کم توقع از نظر آب است. کاشت، داشت و برداشت آن نیازمند ابزار و تکنولوژی معمولی است(طباطبایی، ۱۳۸۹). 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 خود ، قادر است آب را بهتر از سایر گیاهان زراعی جذب نماید و تلفات آب را کاهش دهد (پورعزیزی، ۱۳۸۹). این گیاه شباهت‌های زیادی به ذرت دارد، ولی نیاز آبی آن کمتر از ذرت است. سیستم ریشه سورگوم توانایی بیشتری از سایر گیاهان در جذب آب دارد (معاونی، ۱۳۸۳). سورگوم در مناطق دارای محدودیت آب، جایگزین خوبی برای ذرت بشمار می‌رود (برنگور و فسی، ۲۰۰۱).

تنش آبی از مهم‌ترین عوامل محیطی تاثیرگذار بر عملکرد و کیفیت علوفه است (برنگور و فسی، ۲۰۰۱). بررسی اثر تنش خشکی در سورگوم دانه‌ای نشان داد که تنش باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (آینس و بلک، ۲۰۰۱). حبیبی و همکاران (۱۳۹۲) پژوهش‌هایی در خصوص مقاومت ارقام سورگوم پگاه و اسپیدفید به تنش‌های آبی انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد اثر تنش آبی و رقم بر درصد پروتئین، الیاف خام و خاکستر معنی‌دار است. میانگین این مقادیر در رقم پگاه بیش از اسپیدفید بود.

ریشه، اصلی‌ترین کانال ارتباطی گیاه با آب و مواد غذایی است. مطالعه‌ی ریشه به دلیل عدم سهولت در دسترسی به آن، کاری دشوار و پرهزینه است (فرای و هانگ، ۲۰۰٤). نیکل و همکاران (۱۹۹۵) معتقدند تهیه یک مدل کامل برای رشد ریشه بخاطر وجود عوامل متغیر فراوان و اثر متقابل این عوامل بر همدیگر بسیار پیچیده است. ریشه با اندام‌های هوایی گیاه کاملاً در ارتباط هستند. نسبت ریشه و اندام‌های هوایی در گیاهان همواره متناسب است(مولر و همکاران، ۲۰۱۱). لایو و همکاران (۲۰۰٦) خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه در سازگاری با کم آبی را در جذب آب هنگام کمبود رطوبت در خاک، از تراکم ریشه در لایه‌های مختلف مهم‌تر می‌دانند و بیان کردند در شرایط وقوع تنش آبی در لایه‌های سطحی، ریشه‌های موجود در اعماق بصورت مؤثرتری آب را جذب می‌نمایند. الیس و بارنز (۱۹۸۰) بیان نمودند که هر چه خاک خشک‌تر باشد وزن ریشه‌ها کمتر می‌شود.

پتاسیم بر خلاف ازت و فسفر، نقش ساختمانی در گیاه ندارد ولی 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 (ملکوتی، ۱۳۷۸). 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 سورگوم نقش اساسی در استقرار و سلامتی گیاه دارد و تضمین کننده‌ی کیفیت و کمیت محصول می‌باشد (پور عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹).

بخش زیادی از علوفه‌ی مورد نیاز دامداری‌های استان سمنان از کشت ذرت و یونجه تامین می‌شود. افت

www.SID.ir

Archive of SID

شدید سطح آب‌های زیرزمینی در استان، بازنگری در الگوی کشت را ضروری ساخته است. نیاز آبی کمتر سورگوم و تکنولوژی نسبتا ساده برای تولید آن، ضرورت جایگزینی این محصول به جای ذرت را ایجاب می نماید. از طرف دیگر فقر پتاسیم در خاک‌های استان یکی از دلایل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی است. هدف از این پژوهش بررسی اثر مقادیر آب آبیاری بر عملکرد علوفه و اجزا آن (ریشه و اندام-های 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 بود. مطالعه‌ی ریشه به عنوان اندامی که نقش مهمی در عملکرد دارد یکی دیگر از اهداف این پژوهش بود. اگرچه بطور پراکنده و بسیار محدود پژوهش‌هایی روی ریشه برخی گیاهان زراعی انجام شده است (طباطبایی، ۱۳۸۹)، اما در این پژوهش‌ها عمدتا از روش‌های مطالعه‌ی ریشه در مزرعه استفاده شده است. روش‌های مطالعه‌ی ریشه در مزرعه به دلیل مشکلات اجرایی، دسترسی به بخشی از ریشه را امکان‌پذیر می‌سازد (شر و همکاران، ۲۰۱۳). به همین دلیل در این پژوهش از روش گلدانی به منظور امکان دسترسی به کل ریشه و روش مزرعه‌ای با هدف ایجاد شرایط واقعی و تعیین عملکرد و اجزا آن، به‌طور هم‌زمان استفاده شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی استان سمنان(شاهرود) واقع در کیلومتر سه جاده‌ی 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 خاک و آب مورد استفاده در پژوهش، نمونه‌هایی تهیه و آزمایش شد (جداول ۱ و ۲).

جدول۱ - خصوصیات فیزیکی – شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامترهای اندازه‌گیری شده	عمق خاک (سانتی‌متر)	
	۰-۳۰	۳۰-۶۰
۱- بافت خاک	لوم	لوم
الف- درصد شن	۴۵	۴۵
ب- درصد سیلیت	۳۲	۳۴
ج- درصد رس	۲۳	۲۱
۲- وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر 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(دسی‌زیمنس 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

هدایت الکتریکی (میکروموس برسانتی‌متر)	pH	کاتیون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)				آنیون‌ها (میلی اکی والان بر لیتر)		SAR
		$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	$SO4^{2-}$	$HCO_3^{-} + CO_3^{2-}$	
۱۱۵۱	۸/۱	۵/۶	۳/۵	–	۵/۲	۰/۹۲	۲/۹۸	۲/۱

www.SID.ir

Archive of SID

روش پژوهش

این پژوهش برای بررسی اثر سطوح آب آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات رشدی ریشه، اندام‌های هوایی، عملکرد و کارایی مصرف آب با سه رقم سورگوم علوفه‌ای در سال ۱۳۹۳ به‌طور همزمان به دو صورت گلدانی و مزرعه‌ای انجام شد. فاکتورهای این پژوهش شامل : ۱- مقادیر مختلف آب آبیاری در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه) ۲- مقادیر کود پتاسیم در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود مورد نیاز براساس آزمون خاک) ۳- ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای در سه سطح (پگاه، اسپیدفید و کرج). رقم‌های پگاه، اسپیدفید و کرج از بین ارقام برتر سورگوم علوفه‌ای معرفی شده توسط موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر انتخاب شدند. در این مقاله، آب با علامت اختصاری W، کود پتاسیم با K و سطوح آن‌ها با اندیس‌های عددی و سورگوم با V و ارقام پگاه، کرج و اسپیدفید به ترتیب با اندیس‌های P، K و S بیان شده‌اند. به عنوان مثال تیمار W100K100Vp بیانگر سطح آبی ۱۰۰، کود پتاسیم ۱۰۰ درصد و رقم پگاه است.

پژوهش گلدانی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. در پژوهش گلدانی ۲۴۳ گلدان پلاستیکی به قطر ۳۰ و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر انتخاب شد. خاک از عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری مزرعه‌ی مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود) برداشت شد و پس از اختلاط، گلدان‌ها از آن پر شدند. برای ایجاد شرایط طبیعی، گلدان‌ها در فضای باز و در مجاورت مزرعه قرار گرفتند. برای جلوگیری از اثر گرمای محیط، اطراف گلدان‌ها با عایق حرارتی و خاک پوشیده شدند. آب مورد نیاز گیاه، با استفاده از داده‌های هواشناسی منطقه، به روش پنمن _ مانتیث محاسبه و با سیستم آبیاری قطره‌ای با دور سه روز به گیاه داده شد. آب خروجی از گلدان با سیستم زهکشی تعبیه شده، اندازه‌گیری شد. آبیاری براساس محاسبات نیاز آبی و ظرفیت نگهداری آب خاک انجام شد. نمونه‌برداری‌ها از ریشه در سه مرحله (۴۵، ۷۵ و ۱۰۵ روز پس از کاشت به ترتیب مرحله توسعه اولیه، میانی و رسیدگی) به صورت تخریبی انجام شد. برای تعیین پارامترهای ریشه ابتدا اندام هوایی گیاه جدا و سپس سطح برگ، وزن خشک برگ‌ها، ساقه و اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. در هر مرحله برای خارج کردن ریشه‌ها ابتدا گلدان به‌طور کامل خیس شده، سپس با استفاده از یک چرخ حمل بار به روی یک توری سیمی در سکویی که برای شستشو تعبیه شده بود، منتقل شد. سپس محتویات گلدان به آهستگی با آب شسته شده و ریشه به طور سالم از خاک جدا شد. حجم ریشه با روش غوطه‌وری در آب، و وزن تر با ترازوی دقیق(دقت ۰/۰۰۰۱) اندازه‌گیری شد. وزن ریشه‌ها پس از خشک شدن در گرمخانه (دمای ۷۵ درجه سلسیوس) تعیین شد.

پژوهش مزرعه‌ای در قالب کرت‌های خرد شده به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. آب به عنوان عامل اصلی، رقم و کود پتاسیم به صورت فاکتوریل به طور تصادفی در داخل نوارها قرار گرفتند. آبیاری با روش قطره‌ای با لوله‌های تیپ (Tape) انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای چهار خط کاشت و دو خط لوله‌ی تیپ (به فاصله ۷۵ سانتی‌متر) به طول هفت متر بود. فاصله بوته‌ها روی هر ردیف هفت سانتی‌متر و در دو طرف هر خط لوله‌ی تیپ به فاصله‌ی ۱۰ سانتی‌متر از لوله و ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر انتخاب شد. تبخیر و تعرق با استفاده از داده‌هـــای روزانه‌ی هواشناسی با روش پنمن –مانتیث و نیاز آبی روزانه از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$Ud = ETo.\ Kc \qquad (۱)$$

در این رابطه ET_0: میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) و Kc: ضریب گیاهی است. میزان متوسط تعرق روزانه گیاه در روش آبیاری قطره‌ای به صورت زیر محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸٤).

$$Td = Ud.\left[\frac{Ps}{100} + .15\left(1 - \frac{Ps}{100}\right)\right] \qquad (۲)$$

T_d: متوسط تعرق روزانه (میلی‌متر)، U_d: متوسط آب مصرفی روزانه (میلی‌متر) و P_s: سطح سایه‌انداز (درصد)

www.SID.ir

Archive of SID

است. در هر نوبت آبیاری در طول فصل زراعی، سطح سایه‌انداز با توجه به مشاهدات مزرعه‌ای برآورد شد. راندمان آبیاری قطره‌ای ۹۰ درصد در نظر گرفته شد و عمق ناخالص آبیاری و حجم آب مورد نیاز هر بوته از روابط ۳ و ٤ محاسبه شد.

$$Ig = \frac{Td}{E} = \frac{Td}{0.90} \quad (۳)$$

$$G = Ig \times Sp \times Sr \times 2 \quad (٤)$$

S_P و S_r: به ترتیب فاصله بوته‌ها روی ردیف و فاصله ردیف لوله‌های تیپ (متر) و G حجم آب (لیتر) می‌باشد (علیزاده، ۱۳۷۲). آب مصرفی در هر نوبت با کنتورهای حجمی و شیر فلکه‌ها کنترل و در اختیار گیاه گرفت. در پژوهش مزرعه‌ای آب مصرفی در طول فصل برای سطوح آبی۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر ۳۲۰۰، ٤۳۰۰ و ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود. در هر دو پژوهش 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، ۵۰ و۱۰۰ درصد به ترتیب برابر صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (سولفات پتاسیم) مصرف شد. کاشت در هر دو پژوهش در اول تیر ماه انجام شد. در پژوهش مزرعه‌ای برداشت محصول در ۳۰ شهریور ماه در یک نوبت به‌صورت دستی صورت گرفت. داده‌های هر دو پژوهش گلدانی و مزرعه-ای با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS22 و SAS9.1 تجزیه و تحلیل شدند.

کارایی مصرف آب[1] (WUE)

برای محاسبه کارایی مصرف آب از رابطه ۵ استفاده شد. در این رابطه WUE_I کارایی مصرف آب (کیلوگرم برمترمکعب در هکتار)، Yact عملکـــرد علوفه-ی تر (کیلـــوگرم در هکتـــار) و I میـــزان آب آبیـــاری (مترمکعـــب) می‌باشد.

$$WUE_I = \frac{Y_{act}}{I} \quad (۵)$$

[1] - Water Use Efficiency

نتایج و بحث

تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد در پژوهش گلدانی اثر آب آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات ریشه (حجم و وزن خشک) و اندام‌های هوایی گیاه (شامل وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه) در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر رقم بر حجم و وزن ریشه، وزن برگ گیاه و نسبت اندام هوایی به ریشه معنی‌دار شد. اثر متقابل آب و کود پتاسیم بر وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه و نسبت اندام هوایی به ریشه نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول۳). اثر جداگانه‌ی آب و کود بر نسبت اندام هوایی به ریشه معنی‌دار نشد(جدول۳).

مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن و حجم ریشه، وزن برگ، سطح برگ و وزن ساقه و نسبت اندام هوایی از سطح آب ۱۰۰ درصد حاصل شد. با کاهش آب مصرفی این مقادیر کاهش یافت (جدول ٤). این نتایج با یافته‌های آینس و بلک (۲۰۰۱) و برنگور و فسی (۲۰۰۱) مطابقت دارد. مصرف کود پتاسیم سبب افزایش حجم، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه شد (جدول ٤). این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های پورعزیزی و همکاران(۱۳۸۹) و سایر محققین مطابقت دارد. بیشترین حجم و وزن خشک ریشه از رقم اسپیدفید بدست آمد. حداکثر نسبت وزن اندام هوایی به ریشه از رقم پگاه بدست آمد(جدول ٤)، که دلیل آن وزن بیشتر ساقه‌ها در رقم پگاه است. کاهش آب مصرفی در گیاه، هم در اندام هوایی و هم ریشه تقریبا اثر یکسانی داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳ - تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه در پژوهش گلدانی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن خشک ریشه	حجم ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	سطح برگ	اندام هوایی به ریشه
بلوک	۲	۳۹۳/۸	۳۷۷۶	۱۱/۹	۱۹۳۵	۶۷۳۰۲۷	/۹
آب	۲	۴/۹	۹۶۵۶۲**	۲۱۰۹**	۱۰۳۱۱**	۴۹۳۱۲۱۹**	۵/۶
خطا	۴	۹۰/۲	۳۳۷۲	۱۳۶	۹۰/۳	۷۷۷۷۳۴۰	/۶۸
پتاسیم	۲	۶۹۷*	۱۰۵۳۱*	۹۹۳ **	۷۷۰۵**	۳۶۵۳۸۹۰۵**	/۰۰۴
رقم	۲	۶۲۹۱**	۲۳۹۲۵**	۷۹۴**	۴۸۸/۴	۵۰۶۱۷۳۶	۱۰*
آب × پتاسیم	۴	۶۱۵*	۲۳۳۰	۱۷۱*	۵۰۸۲**	۴۶۲۳۶۹۱**	/۳۳*
آب × رقم	۴	۱۶۸۹/۴	۶۸۶۲	۴۹۸**	۳۴۹۴**	۲۲۱۲۸۷۱۹**	۱/۷۶
پتاسیم × رقم	۴	۴۲۰/۴	۱۲۵۹۶*	۴۸۷**	۴۹۳/۶	۱۹۶۰۴۶۴**	۶/۵۰
آب × پتاسیم × رقم	۸	۲۱۳۸**	۳۳۷۷	۱۵۹	۳۸۸۵**	۶۰۱۷۸۹۳	۳/۰۳
خطا	۴۸	۱۱۴/۸	۱۸۸۱	۴۳/۸	۵۱۲	۱۸۵۶۹۹۶	/۵۵۳

**معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد • نتایج مربوط به برداشت سوم است که گیاه تمام دوره رشد را سپری کرده است.

جدول ۴ - مقایسه‌ی میانگین‌های صفات مورد مطالعه در پژوهش گلدانی

منابع تغییر	میانگین‌ها					
	وزن خشک ریشه (gr/plant)	حجم ریشه (cm3/plant)	وزن خشک برگ (gr/plant)	وزن ساقه (gr/plant)	سطح برگ (cm^2/plant)	نسبت اندام هوایی به ریشه
W_{100}	۶۶/۳ a	۲۷۴/۲ a	۱۰۳/۸ a	۲۸۲/۶ a	۱۲۸۳۸ a	۳/۹ a
W_{75}	۵۲/۳ b	۲۱۴/۸ b	۹۴/۴ a	۱۸۹/۵ b	۹۷۵۹/۵ b	۳/۸ a
W_{50}	۳۱/۱ c	۱۲۸/۵ c	۷۸/۵۰ b	۱۳۷/۵ c	۷۸۲۱ c	۳/۶ a
K_{100}	۵۳/۲ a	۲۱۹/۸ a	۹۷/۷ a	۲۲۸/۵ a	۱۰۹۴۴ a	۳/۷ a
K_{50}	۴۶/۶ b	۱۹۱/۸ b	۷۸/۲ b	۱۸۲/۶ b	۸۹۵۴ b	۳/۴ a
K_0	۳۷/۸ c	۱۵۸/۸ c	۵۵/۲ c	۱۲۹/۴ c	۶۶۵۴ c	۳/۲ a
V_s	۶۲/۸ a	۲۴۵/۶ a	۱۱۳/۲ a	۲۳۸ a	۱۳۲۳۶ a	۲/۷ c
V_k	۴۵/۵ b	۱۹۷/۹ b	۷۸/۷ b	۲۳۰ a	۹۶۱۹ b	۳/۷ b
V_p	۴۱/۳ b	۱۷۴ b	۷۶/۶ b	۱۹۷/۳ a	۸۹۶۶ b	۴/۲ a

W و K به‌ترتیب بیانگر آب آبیاری و کود پتاسیم و اندیس‌های عددی بیانگر سطح مربوطه و V_s، V_k و V_p به‌ترتیب رقم اسپیدفید، کرج و پگاه را نشان می‌دهد.

اثر متقابل آب و کود پتاسیم در پژوهش گلدانی

با توجه به اینکه در پژوهش گلدانی اثر متقابل آب و کود پتاسیم معنی‌دار شد (جدول ۳)، بیشترین حجم، وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه و نسبت اندام هوایی از سطح آب و کود ۱۰۰ درصد بدست آمد (جدول ۵). در سطح آب یکسان با افزایش مصرف کود پتاسیم، مقادیر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه افزایش یافت. در سطح کودی یکسان نیز با کاهش آب مصرفی مقادیر صفات اندازه‌گیری شده کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های آینس و بلک (۲۰۰۱)، برنگور و فسی (۲۰۰۱) و پورعزیزی و همکاران(۱۳۸۹) مطابقت دارد. حجم ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه و نسبت اندام هوایی در سطح $W_{75}K_{100}$ در مقایسه با سطح $W_{100}K_{100}$ اگرچه کاهش یافت، اما تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (جدول ۵). این موضوع نشان می‌دهد که مصرف کود پتاسیم می‌تواند تا حدودی اثرات ناشی از کمبود آب را جبران نماید. نتایج نشان داد روند کلی تغییرات پارامترهای اندام هوایی در پژوهش گلدانی و مزرعه‌ای یکنواخت بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه‌ی میانگین اثرات متقابل آب و کود پتاسیم بر صفات اندازه‌گیری شده‌ی گیاه در پژوهش گلدانی

تیمار		صفات اندازه‌گیری شده			
پتاسیم	آب	وزن خشک ریشه (gr/plant)	وزن خشک برگ (gr/plant)	وزن خشک ساقه (gr/plant)	نسبت اندام هوایی به ریشه
K100	W100	۶۸/۸ a	۵۶/۴ a	۱۳۶/۷ a	۴/۱ a
K50	W100	۶۳/۸ a	۵۳/۲ ab	۱۲۸/۵ a	۳/۸ a
K0	W100	۵۳/۸ ab	۵۱/۶ ab	۹۹/۳ ab	۳/۱ b
K100	W75	۵۸/۶ a	۵۳/۴ ab	۱۲۰/۶ a	۳/۶ a
K50	W75	۴۶ b	۳۸ c	۸۵/۷ b	۲/۵ b
K0	W75	۳۱/۷ c	۳۲/۸ cd	۸۳/۹ b	۲/۴ b
K100	W50	۳۲/۲ c	۳۳/۲ cd	۸۹/۵ b	۳ b
K50	W50	۳۰ c	۳۰ d	۶۱ c	۲/۶ b
K0	W50	۲۸/۷ c	۲۸/۵ d	۵۸/۸ c	۲/۹ b

نتایج پژوهش مزرعه‌ای نشان داد اثر آب، کود پتاسیم و رقم بر عملکرد علوفه‌ی تر، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ٦). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در اثر جداگانه‌ی عوامل پژوهش، بیشترین عملکرد محصول از سطح آب ۱۰۰، کود ۱۰۰ درصد و رقم پگاه به‌ترتیب برابر با ۹٤، ۸٦ و ۹۲/۷ تن در هکتار بدست آمد (جدول ۷). 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 اندام‌هوایی، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و سطح برگ نیز کاهش یافتند. رقم پگاه عملکرد و وزن اندام هوایی بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت (جدول ۷).

جدول ۶- تجزیه واریانس میانگین مربعات خصوصیات اندازه‌گیری شده‌ی در پژوهش مزرعه‌ای

		میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	وزن اندام‌های هوایی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	سطح برگ
بلوک	۲	۵۸/۷	۱۴۶	۴۳/۷*	۶۲	۶۲۵۲۰۳
آب	۲	۴۹۱۳/۸**	۸۵۸۵/۴**	۵۲۸/۸**	۴۸۵۳/۲**	۱۱۱۵۵۷۵۴/۳**
خطا	۴	۱۲۶/۸	۱۷۴/۳	۲۹	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**	۱۸۰/۵	۷/۹	۱۱۴/۴	۱۸۲۱۶۹
آب × پتاسیم × رقم	۸	۳۳/۸	۲۱۹	۹/۸	۱۵۰/۸	۲۱۱۶۲۸/۷
خطا	۴۸	۴۲/۸	۱۲۲/۶	۸/۸	۸۰/۱	۲۶۴۱۷۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷ - مقایسه‌ی میانگین‌های خصوصیات اندازه‌گیری در پژوهش مزرعه‌ای

منابع تغییر	میانگین‌ها				
	عملکرد (ton/ha)	وزن خشک اندام هوایی (gr/plant)	وزن خشک برگ (gr/plant)	وزن خشک ساقه (gr/plant)	سطح برگ (cm^2)
آب					
W100	۹۴ a	۷۰/۷ a	۲۲/۴ a	۴۸/۳ a	۳۶۰۲/۲ a
W75	۸۰ b	۴۵/۶ b	۱۶/۱ b	۲۹/۵ b	۲۶۰۴/۲ b
W50	۶۷ c	۳۳/۶ c	۱۳/۲ c	۲۰/۴ c	۲۲۹۸/۶ c
پتاسیم					
K100	۸۶ a	۵۹/۳ a	۱۷/۴ a	۳۸/۲ a	۲۸۷۷ a
K50	۸۰/۶ b	۵۳/۶ b	۱۵/۱ b	۳۳/۲ b	۲۶۹۳ b
K0	۷۴/۶ c	۴۴/۳ c	۱۳/۵ c	۳۰/۵ c	۲۵۹۰ b
رقم					
Vp	۹۲/۷ a	۵۵ a	۱۶/۴ b	۳۸/۵ a	۳۰۵۵ a
Vk	۷۸ b	۴۷ b	۱۶/۵ b	۳۰/۵ b	۲۶۹۸ b
Vs	۷۰/۷ c	۴۸ b	۱۸/۸ a	۲۹/۱ b	۲۷۵۲ b

اثر متقابل آب و کود پتاسیم بر عملکرد و اجزا عملکرد در پژوهش مزرعه‌ای

نتایج نشان داد اثر متقابل آب آبیاری و کود پتاسیم بر عملکرد علوفه‌ی تر، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، سطح برگ معنی‌دار شد (جدول٦ و ۸). بیشترین عملکرد از تیمار آبی و کودی ۱۰۰ درصد (W100K100) بدست آمد (جدول ۸). تیمار آبی ۷۵ درصد با مصرف ۱۰۰ درصد کود پتاسیم (W75K100) عملکردی بیشتر از تیمار آبی ۱۰۰ درصد با سطح کودی صفر درصد (W100K0) داشت. این مقادیر به ترتیب برابر با ۸۷/۸ و ۸۵/۵ تن در هکتار شد. این مقادیر تفاوت معنی‌داری نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند. مقادیر جدول ۸ نشان می‌دهد که کاربرد کود پتاسیم می‌تواند تا اندازه‌ای اثرات منفی ناشی از تنش آبی را کاهش دهد. یافته‌های این پژوهش با نتایج پژوهش‌های آینس (۲۰۰۱)، برنگور و فسی (۲۰۰۱) و پورعزیزی (۱۳۸۹) همخوانی دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تاثیر کود پتاسیم در سطوح مختلف آب یکسان نیست. هر چه تنش آبی شدیدتر باشد اثر مصرف کود پتاسیم کاهش می‌یابد. در سطوح آب ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد با مصرف کود پتاسیم به اندازه‌ی نیاز (۱۰۰ درصد)، مقدار افزایش عملکرد علوفه به ترتیب ۱۷، ۲۰ و ٦ درصد محاسبه شد. حداکثر تاثیر مصرف کود پتاسیم در تنش آبی ۲۵ درصد (سطح آبی ۷۵ درصد) اتفاق افتاد.

جدول ۸- مقایسه‌ی میانگین اثرات متقابل آب و کود پتاسیم بر صفات اندازه‌گیری شده‌ی گیاه در پژوهش مزرعه‌ای

تیمار		صفات اندازه‌گیری شده					
پتاسیم	آب	عملکرد (ton/ha)	وزن اندام‌های هوایی (gr/plant)	وزن خشک برگ (gr/plant)	وزن خشک ساقه (gr/plant)	سطح برگ (cm^2)
K100	W100	۱۰۲/۸ a	۷۷/۸ a	۳۱/۳ a	۵۳/۲ a	۳۸۳۴/۹ a
K50	W100	۹۴ b	۶۳/۸ b	۲۴/۵ b	۴۳/۴ b	۳۳۶۹/۵ b
K0	W100	۸۵/۵ c	۵۰/۵ c	۱۸/۵ bc	۳۲/۵ c	۲۶۲۰ cd
K100	W75	۸۷/۸ c	۴۸/۳ c	۱۷ c	۳۱/۲ c	۲۷۰۲/۳ c
K50	W75	۸۲ c	۴۳ cd	۱۶/۴ c	۲۷/۸ cd	۲۵۰۶ cd
K0	W75	۷۰/۷ d	۳۹/۵ d	۱۴/۲ c	۲۲/۸ d	۲۴۵۲/۵ cd
K100	W50	۶۸ d	۴۱/۸ cd	۱۳/۸ c	۲۲/۲ d	۲۳۴۱/۵ d
K50	W50	۶۶/۲ d	۳۱/۲ d	۱۲/۶ cd	۱۸/۶ d	۲۲۵۵/۶ d
K0	W50	۶۴ d	۲۸/۹ d	۱۱/۵ d	۱۸/۷ d	۲۰۱۹/۸ d

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی مصرف آب

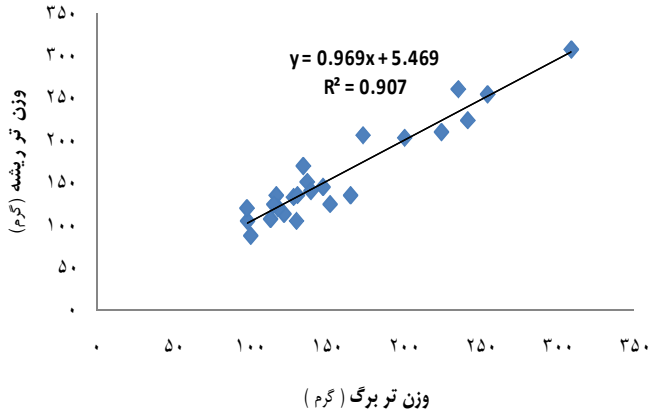
حداکثر کارایی مصرف آب در اثرات متقابل آب و کود پتاسیم برابر با ۲۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار از تیمار کودی ۱۰۰ و آب ۷۵ درصد (W75K100) حاصل شد. با افزایش کود پتاسیم، کارایی مصرف آب افزایش یافت (جدول ۹). با توجه به اینکه رقم پگاه عملکرد بیشتری از دو رقم دیگر داشت(جدول ۷)، بنابراین تیمار W75K100Vp از نظر عملکرد و کارایی مصرف آب برتر از سایر تیمارها بود و به عنوان تیمار برتر تعیین شد.

جدول ۹- اثر متقابل آب آبیاری و کود پتاسیم بر کارایی مصرف آب

کود پتاسیم	آب آبیاری	تیمار	عملکرد محصول (ton/ha)	کارایی مصرف آب (Kg/m3/ha)
K_0	۵۰	W50K0	۶۴	۱۸/۸
	۷۵	W75K0	۷۰/۷	۱۶/۴
	۱۰۰	W100K0	۸۵/۵	۱۵/۶
K_{50}	۵۰	W50K50	۶۶/۲	۱۹/۵
	۷۵	W75K50	۸۲	۱۹/۱
	۱۰۰	W100K50	۹۴	۱۷/۲
K_{100}	۵۰	W50K100	۶۸	۲۰
	۷۵	W75K100	۸۷/۸	۲۰/۵
	۱۰۰	W100K100	۱۰۲/۸	۱۸/۷

ارتباط اندام‌های هوایی و ریشه

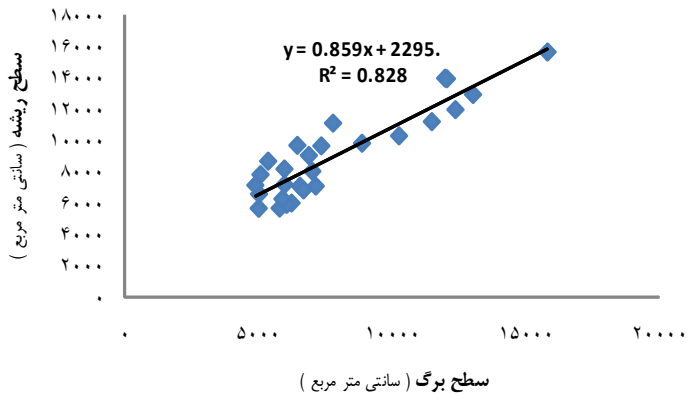
اثر آب و کود پتاسیم بر نسبت اندام‌های هوایی به ریشه معنی‌دار نشد، اما اثرات متقابل آب و کود پتاسیم معنی‌دار شد. اثر رقم نیز بر نسبت اندام هوایی به ریشه معنی‌دار شد (جدول ۳ و ٤). این نتایج با یافته‌های مولر و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. از آنجاییکه رگرسیون می‌تواند روابط بین متغیرها را به سادگی و با مفهوم بیان کند. در این پژوهش روابط بین وزن تر برگ و ریشه، سطح برگ و سطح ریشه در تیمار آب و کود پتاسیم ۱۰۰ درصد و رقم پگاه تعیین و نمودار پراکنش آن‌ها رسم شد (شکل ۱ و ۲). نتایج نشان داد بین وزن برگ با وزن ریشه همبستگی بالایی برقرار بود (R^2 =۰/۹۱). همچنین بین سطح برگ و سطح ریشه نیز همبستگی نسبتا خوبی وجود داشت(R^2 =۰/۸۳).



شکل ۱- رابطه‌ی بین وزن برگ و ریشه سورگوم(رقم پگاه – آب و کود ۱۰۰ درصد)

www.SID.ir

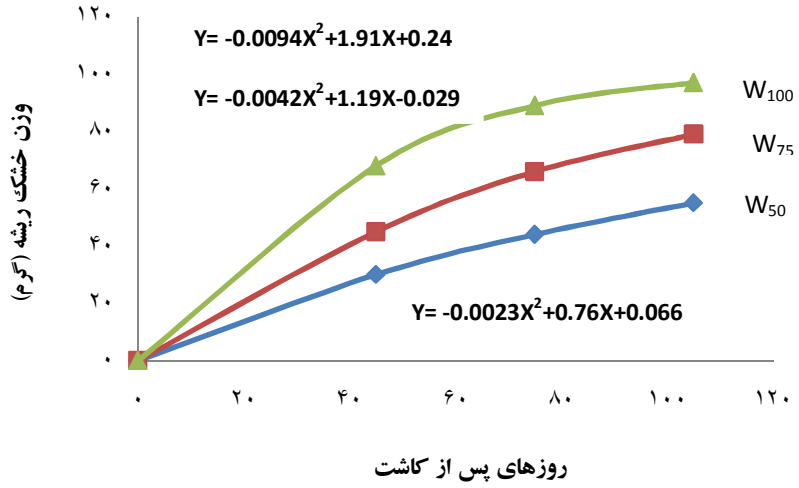
Archive of SID



شکل ۲- رابطه‌ی بین سطح برگ و سطح ریشه سورگوم(رقم پگاه – آب و کود ۱۰۰ درصد)

تغییرات وزن ریشه در طول فصل زراعی

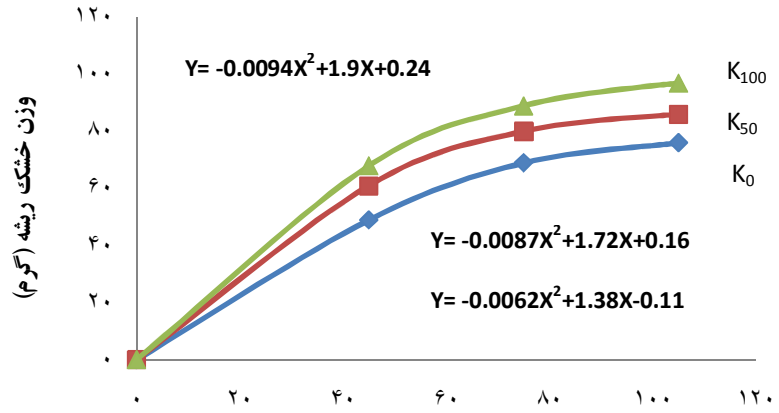
وزن خشک ریشه در تیمارهای مختلف در طول فصل زراعی در سه مرحله اندازه‌گیری شد. معادلات ریاضی آن‌ها براساس معادله‌ی درجه‌ی دوم تعیین شد (در این معادلات X روزهای پس از کاشت و Y وزن خشک ریشه بر حسب گرم). شکل۳ تغییرات وزن ریشه را نسبت به روزهای پس از کاشت در سطوح مختلف آب آبیاری با مصرف کود پتاسیم ۱۰۰ درصد نیاز برای رقم پگاه نشان می‌دهد. مطابق شکل ۳ با افزایش مقدار آب آبیاری نمودار مربوط به آن در بالای سطح آبیاری قبلی قرار می‌گیرد. این امر نشان می‌دهد که با افزایش مصرف آب، وزن ریشه گیاه افزایش می‌یابد. شکل ٤ تغییرات وزن خشک ریشه نسبت به روزهای پس از کاشت در سطوح مختلف کود پتاسیم با مصرف آب ۱۰۰ درصد برای رقم پگاه و معادلات ریاضی مربوطه را نشان می‌دهد. شکل ٤ نشان می‌دهد با افزایش مصرف کود پتاسیم، وزن ریشه افزایش می‌یابد.



*** شکل ۳ -اثر آب آبیاری بر تغییرات وزن خشک ریشه در طول فصل رشد (رقم پگاه – کود پتاسیم ۱۰۰)**
(* هر کدام از نقاط مشخص شده روی نمودارها میانگین سه داده‌ی اندازه‌گیری شده است.)

www.SID.ir

Archive of SID

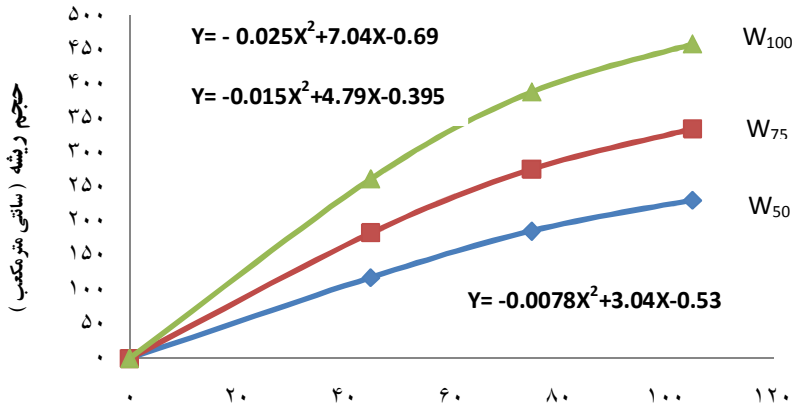


شکل ۴- اثر کود پتاسیم بر تغییرات وزن خشک ریشه در طول فصل رشد (رقم پگاه – آب ۱۰۰ درصد)

تغییرات حجم ریشه در طول فصل زراعی

حجم ریشه در تیمارهای مختلف در طول فصل زراعی در سه مرحله اندازه‌گیری و معادلات ریاضی آن‌ها تعیین شد (در این معادلات X روزهای پس از کاشت و Y حجم ریشه بر حسب سانتی‌مترمکعب است). شکل۵ تغییرات حجم ریشه نسبت به روزهای پس از کاشت در سطوح مختلف آب آبیاری با مصرف کود پتاسیم ۱۰۰ درصد برای رقم پگاه و معادلات مربوطه را نشان می‌دهد.

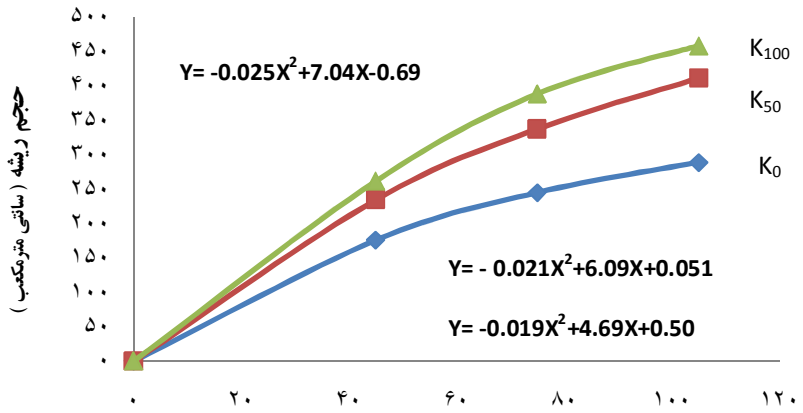
با افزایش آب آبیاری نمودار مربوط به آن در بالای سطح آبیاری قبلی قرار گرفت. این موضوع نشان می‌دهد که با افزایش مصرف آب حجم ریشه افزایش می‌یابد. شکل۶ تغییرات حجم ریشه نسبت به روزهای پس از کاشت در سطوح مختلف کود پتاسیم با مصرف آب ۱۰۰ درصد نیاز برای رقم پگاه را نشان می‌دهد. نمودارها نشان می‌دهد با افزایش کود پتاسیم، حجم ریشه افزایش می‌یابد.



شکل ۵- اثر آب آبیاری بر تغییرات حجم ریشه در طول فصل رشد (رقم پگاه – کود پتاسیم ۱۰۰)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- اثر کود پتاسیم بر تغییرات حجم ریشه در طول فصل رشد (رقم پگاه – آب ۱۰۰ درصد)

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش، کاهش ۲۵ درصد آب مصرفی در طول فصل زراعی برای سورگوم اگر چه باعث افت عملکرد می‌شود، اما با توجه به کمبود آب در کشور و لزوم صرفه‌جویی در مصرف آب، توصیه می‌شود. نتایج نشان داد که بخشی از این کاهش عملکرد می‌تواند با کاربرد کود پتاسیم (به اندازه‌ی نیاز) جبران شود. از بین ارقام انتخابی در پژوهش، رقم پگاه نسبت به دو رقم دیگر در مناطق خشک و نیمه خشک، دارای قابلیت‌های بیشتری (عملکرد بیشتر، حساسیت کمتر به تنش‌های آبی و کارایی مصرف آب بالاتر) است. از کاربردهای دیگر این پژوهش، استفاده از معادلات بدست آمده برای تعیین وزن و حجم ریشه در طول فصل کشت با توجه به عدم سهولت در دسترسی به ریشه است. همچنین براساس نسبت اندام هوایی و ریشه، می‌توان با اندازه-گیری وزن اندام هوایی گیاه، وزن ریشه را بدست آورد. در این پژوهش برای مطالعه‌ی ریشه از روش گلدانی استفاده شد. اگرچه کاشت گیاه در گلدان سبب ایجاد محدودیت-هایی برای آن می‌شود. اما مقایسه برخی صفات اندازه-گیری شده در گیاه مانند وزن خشک برگ و ساقه در هر دو پژوهش، نشان داد که در مواردی مقادیر این صفات در پژوهش گلدانی از مزرعه‌ای بیشتر بوده است (جداول ۵ و ۸). بنابراین این شائبه که ممکن است داده‌های پژوهش گلدانی به دلیل محدودیت در اندازه‌ی گلدان‌ها قابل اعتماد نباشد را کاملا بر طرف می‌نماید. یکی از دلایل بیشتر شدن مقادیر صفات مذکور در پژوهش گلدانی، آن است که گیاه در گلدان (به دلیل تک بوته بودن) برای رشد خود فضای بیشتری در اختیار داشته است. از طرف دیگر مطالعات خاکشناسی منطقه‌ی مورد آزمایش نیز نشان می‌دهد که حداکثر عمق خاک زراعی منطقه ۶۰ سانتی‌متر است. بنابراین در نظر گرفتن عمق ۶۰ سانتی‌متر برای گلدان‌ها هیچگونه محدودیتی در رشد ریشه ایجاد نکرده است.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع

۱. پورعزیزی، م. فلاح، س. ۱۳۸۹. تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کیفی علوفه سورگوم. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. شهریور . کرج. ایران.

۲. حبیبی، م. عبدی، م. و مهدی مهرپویان. ۱۳۹۲. مطالعه خصوصیات کیفی علوفه در دو رقم سورگوم علوفه‌ای اسپیدفید و پگاه تحت شرایط کم آبی. دومین همایش ملی مباحث کشاورزی نوین. ۲۸ آذر. ساوه.

۳. شیرمحمدی علی اکبر خانی، ز. ۱۳۹۲. ارزیابی بر هم کنش شوری و کم‌آبیاری تنظیم شده بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه ای و تعیین تابع تولیدآب – شوری. رساله‌ی دوره‌ی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد.

٤. طباطبایی، س. ع. آناقلی، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی مقاومت به شوری لاین‌های داخلی سورگوم علوفه‌ای در شرایط آزمایشگاه و مزرعه. گزارش پژوهشی سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.

۵. علیزاده، ا . ۱۳۸٤. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ٤٥٢ ص.

٦. معـاونی، پ. حیدری، ی.۱۳۸۳. تأثیر تراکم کاشت و دور آبیاری بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی در سورگوم علوفه‌ای. مجله علوم زراعی ایران. جلد ٦ ، شماره ٤ ، ص ۳۸۲-۳۷٤.

۷. م. ج. . ۱۳۷۸. بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی در خاک‌های ایران. مجله آب، خاک و ماشین، جلد ۱۰، ص ۱۷-۱۲.

8. Berenguer, M.J., and J.M. Faci. 2001. Sorghum (Sorghum Bicolor L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. European Journal of Agronomy 15:43–55.

9. English, M., and S.N. Raja. 1996. Perspectives on deficit irrigation. Journal of Agricultural Water Management. 32:1–14.

10. Ellis, F. B., and B. T. Barnes. 1980. Growth and development of root system of winter cereals grown after different tillage methods including direct drilling. Plant Soil 55:283-288.

11. F.A.O. 2002. Deficit irrigation practices. Water Report No. 22. Koriem, S.O., El-Koleiy, M.M.A., Wahba, M.F. 1994. Onion bulb production from sets as affect by soil moisture stress. Journal of Agricultural Science. 25:185–193.

12. Farooqi, A. A., and Kh. Bssreeramu. 2004. Cultivation of spice crops. Universities Press. pp:128-148.

13. Fry, J., and B. Huang. 2004. Applied Turf grass Science and Physiology. John Wiley and sons pob, Inc., Hoboken, New jersey, Canada. 320p.

14. Innes, P., and W. Black. 2001. The effect of drought on water use and yield of two sorghum genotypes. J. Agri. Sci. 96:603-610.

15. Laboski, C. A. M., Dowdy, R. H., and J. A. Lamb. 1998. Soil strength and water content influences on corn root distribution in a sandy soil. Journal of Plant and Soil 203: 239-247.

16. Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, SE. and CR. Jensen. 2006. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. Journal of Horticulture Science. 109(2):113-117.

17. Muller, B., Pantin, F., Génard, M., Turc, O., Freixes, S., Piques, M., and Y. Gibon. 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. 62:15-29.

www.SID.ir

Archive of SID

18. Nickel, S. E., Kent Crookston , R. and M. P. Russelle. 1995. Root growth and distribution are affected by corn soybean cropping sequence. Agron. J. 87: 895-902.
19. Sepaskhah, A., Zand Parsa, Sh., Ghasemi M. M., and B. Ghahraman .2006.comparison of two methods for deficit irrigation of sorghum. Iran-Water Resources Research. 2(2): 1-9.
20. Sher, A., Lorenzo Barbanti, L., Ansar, M., and M. Malik. 2013. Growth response and plant water status in forage sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench] cultivars subjected to decreasing levels of soil moisture. Australian Journal of Crop Science. 7(6):801-808.

www.SID.ir