نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفدهم، شماره ۲(۶۶)، تابستان ۱۴۰۲، صفحه ۲۴۰-۲۲۳

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/JCEP.2023.1918753.1750

ارزیابی شاخص‌های رشد و ویژگی‌های کمّی و کیفی آمارانت علوفه‌ای در مقایسه با ارزن علوفه‌ای

ناصر زارع[۱]، بهرام امیری[۲*]، حمیدرضا میری[۳]، امید علیزاده[۴] و رضا حمیدی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۶

چکیده

خشکی یکی از عوامل عمده محدود کننده بهره‌وری در کشاورزی است و مدیریت تغذیه از جمله کاربرد کودهای پتاسه نقش مهمی در مقاومت گیاهان به خشکی دارد. به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های کمّی و کیفی آمارانت علوفه‌ای در مقایسه با ارزن علوفه‌ای آزمایشی طی دو سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه سعادت شهر استان فارس طراحی و اجرا گردید. در این آزمایش از سه دور آبیاری (۵، ۱۰ و ۱۵ روزه) به‌عنوان عامل اصلی، کود پتاسیم (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و گیاه علوفه‌ای (آمارانت و ارزن) به‌عنوان کرت‌های فرعی استفاده گردید. نتایج مقایسه میانگین تجزیه مرکب دو سال نشان داد که گیاه آمارانت به‌طور معنی‌داری ارتفاع، قطر ساقه، طول گل آذین، تعداد برگ در بوته، عملکرد علوفه خشک، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام و کربوهیدرات محلول بیشتری نسبت به گیاه ارزن دارد. افزایش دور آبیاری باعث کاهش صفات ارتفاع، قطر ساقه، طول گل آذین گیاه، تعداد برگ در بوته، وزن هزار دانه، درصد الیاف خام، عملکرد علوفه خشک، درصد خاکستر و درصد ADF شد. با افزایش سطح کود پتاسیم، میزان ارتفاع، قطر ساقه، طول گل آذین گیاه، تعداد برگ در بوته، درصد الیاف خام، عملکرد علوفه خشک، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام، درصد ADF و درصد NDF در گیاه کاسته شد. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت گیاه آمارانت نسبت به ارزن عملکرد و تحمل به تنش خشکی بیشتری دارد و می‌توان کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم را برای رسیدن به عملکرد بیشتر مورد توجه قرار داد.

واژگان کلیدی: آمارانت، ارزن، دور آبیاری، پتاسیم.

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران
۲- گروه منابع طبیعی، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران.
۲- گروه زراعت، واحد ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، ارسنجان، ایران.
۳- گروه زراعت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.
۴- گروه زراعت، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
نگارنده مسئول bchamiri@gmail.com

مقدمه

کم آبی 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 کم شدن رشد و عملکرد نهایی محصولات می‌شود. عمده مناطق ایران با کمبود آب مواجه هستند و کمبود آب شیرین عامل محدود کننده اصلی برای به دست آوردن عملکردهای بالاتر به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکز، جنوب و جنوب شرقی ایران است (Orji, 2003). مدیریت تغذیه از جمله کاربرد کودهای پتاسه نقش مهمی در مقاومت گیاهان به خشکی دارد. پتاسیم در ایجاد فشار تورژسانس و باز و بسته شدن روزنه‌ها، در تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولید شده نقش دارد و تعادل آبی گیاه را کنترل می‌کند (Tabatabaei, 2009). فوگر و ملکوتی (Fouger and Malakouti, 2001) بیان نمودند پتاسیم علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش تحمل گیاهان به‌شوری، کم‌آبی، انواع تنش‌ها، آفات و بیماری‌ها شده و کارآیی مصرف آب و عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. تعداد زیادی از محققان به نقش تعدیل کننده پتاسیم بر اثرات ناشی از تنش خشکی در ذرت (Aslam *et al*., 2014؛ Frootan and Yarnia, 2015؛ Majlesy and Gholinezhad, 2013؛ Zhang *et al*., 2014) و سایر گیاهان زراعی نظیر گلرنگ (Azizabadi *et al*., 2014)، کلزا (Ali *et al*., 2014)، برنج (Mohd Zaina and Mohd Razi, 2016) و گندم (Malek-Mohammadi *et al*., 2013) اشاره نموده‌اند. حیدری و اصغری‌پور (Heidari and Asgharipour, 2013) اظهار داشتند اثر متقابل سولفات پتاسیم و تنش خشکی بر صفاتی مانند ارتفاع، تعداد دانه در پانیکول، شاخص برداشت و وزن صد دانه سورگوم اثر معنی‌داری داشت و سطح مطلوب کود سولفات پتاسیم از گیاهان در مقابل خشکی محافظت می‌کند. فرهمندفر و همکاران (Farahmandfar *et al*., 2018) با کار روی سطوح کود سولفات پتاسیم در رژیم‌های مختلف آبیاری در ذرت علوفه‌ای بیان کردند کم آبیاری سبب کاهش ۱۶، ۴۱، ۳۶، ۳۳ و ۵ درصدی صفات تعداد برگ، قطر ساقه، ارتفاع استقرار بلال از سطح زمین، شاخص سطح برگ و مقدار پروتئین در مقایسه با شرایط آبیاری کامل شد. همچنین، استفاده از ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم سبب افزایش ۹ درصدی میزان پروتئین و استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم سبب افزایش ۸ درصدی شاخص سطح برگ در مقایسه با عدم استفاده از این کود شد.

آمارانت در سال‌های اخیر به‌دلیل ارزش غذایی بالای آن مورد توجه قرار گرفته است. پروتئین‌های بذور این گیاه محتوی مقادیر بالایی از اسید آمینه‌های ضروری مخصوصاً لیزین که در سایر گیاهان کمتر است، می‌باشد (Condes *et al*., 2009). علاوه‌براین، خصوصیات مناسب زراعی این گیاه مانند عملکرد نسبی بالای دانه، تحمل به خشکی و مدت زمان کم تولید آن باعث شده است تا در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گیرد (Avanza *et al*., 2005). یارنیا و همکاران (Yarnia *et al*., 2011) گزارش نمودند که خشکی تعداد گل آذین، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و عملکرد دانه آمارانت را کاهش می‌دهد. ملاکار و همکاران (Mlakar *et al*., 2000) تاثیر خشکی در مراحل مختلف رشد و نموی آمارانت را مورد بررسی قرار دادند. اعمال خشکی در طول مراحل رشد و نموی گیاه آمارانت منجر به کاهش

۵۱ درصدی عملکرد دانه گردید. در بررسی دیگری نتایج نشان داد افزایش تنش خشکی سبب کاهش ۴۰ درصدی عملکرد علوفه خشک و ۱۸ درصدی ماده خشک قابل هضم و ۳۷ درصدی کلروفیل خواهد گردید(Karami *et al*, 2018).

ارزن، گیاهی علفی و یک‌ساله است که در مناطق گرم و خشک رشد می‌کند و به‌دلیل دارا بودن دانه‌های ریز در بین غلات به غله دانه‌ریز معروف است. ارزن یکی از گیاهان سازگار به خشکی است که بررسی و مطالعه صفات ویژه آن می‌تواند به شناسایی مکانیسم‌های موثر در مقابله با خشکی کمک نماید. ارزن علوفه‌ای محصول مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است که به علت پنجه‌زنی فراوان، قابلیت باز رشد، مقاومت در برابر تنش‌های محیطی و بیماری‌ها، عملکرد بالا در خاک‌های فقیر و عدم وجود اسید پروسیک مورد توجه است (Rajendra *et al*., 2006).

با توجه به نیاز روز افزون به تأمین غذا و تولید فرآورده‌های دامی باید مطالعات بیشتری بر روی گیاهان علوفه‌ای جدید با عملکرد بالا، کیفیت مطلوب و نیاز آبی کم انجام و استفاده از آنها در تغذیه دام مورد ارزیابی بیشتری قرار گیرد. از این رو، این مطالعه با هدف بررسی اثر دور آبیاری و کود پتاسیم بر شاخص‌های کمّی و کیفی علوفه آمارانت و ارزن نوتروفید به‌عنوان گیاهان علوفه امید بخش در استان فارس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور ارزیابی شاخص‌های رشدی و ویژگی‌های کمّی و کیفی آمارانت علوفه‌ای در مقایسه با ارزن علوفه در منطقه سعادت شهر در فاصله ۱۰۵ کیلومتری شمال شرقی شیراز، با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۰۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۷۰۰ متر از سطح دریا در دو سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش سه دور آبیاری (۵، ۱۰ و ۱۵ روزه) به عنوان عامل اصلی، کود پتاسیم (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم قبل از کاشت) و نوع گیاه علوفه‌ای (آمارانت و ارزن) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی گنجانده شدند. قبل از شروع آزمایش از خاک مزرعه در عمق ۴۵-۰ سانتی‌متری جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری شد. نتایج تجزیه خاک در جدول (۱) ارایه شده است.

ابتدا زمین آزمایشی، آبیاری و پس از گاورو شدن، به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد، بعد از آن جهت خرد شدن کلوخه‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک و ماله‌زده شد. زمین زراعی کرت‌بندی گردید. بدین صورت که طول کرت اصلی ۲۷ متر و عرض آن ۶ متر در نظر گرفته شد و در هر کرت اصلی، ۶ کرت فرعی (هر کدام به‌طول ۳ متر و عرض ۶ متر) در نظر گرفته شد. در هر کرت فرعی ۵ ردیف کاشت اعمال شد. به‌منظور مجزا کردن کرت‌های فرعی از یکدیگر یک ردیف نکاشت و برای جدا کردن کرت‌های اصلی از یکدیگر دو ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. مجموع تعداد کرت‌ها در هر ۳ تکرار ۵۴ کرت بود. میزان آب مصرفی در هر نوبت آبیاری (زمان شروع آبیاری از مرحله ۶ برگی گیاه انجام شد)، بر اساس زمان انجام شد. کاشت ارزن و آمارانت علوفه‌ای رقم اولترا در تاریخ ۱۳۹۵/۲/۲۵ و ۱۳۹۶/۲/۲۵ به ترتیب بر اساس تراکم ۱۷ بوته در مترمربع و ۲۰ بوته در مترمربع به‌صورت دستی انجام شد.

عملیات کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی صورت گرفت. بذور مصرفی از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس ایستگاه زرقان تهیه شد.

تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی در زمان رسیدن به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین ارتفاع ساقه، قطرساقه، طول گل‌آذین و تعداد برگ در بوته، اندازه‌گیری شد. فاکتورهای کیفی علوفه از جمله درصد پروتئین خام برگ، فیبرخام و درصد خاکستر علوفه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پروتئین خام به روش کجلدال انجام شد.

الیاف خام به‌وسیله دستگاه فایبرتک ۱۰۱۰ شرکت تکاتور بر اساس شست و شو با اسید جوشان از روش ون سوئست (van Soest, 1987) تعیین گردید. درصد خاکستر از طریق سوزاندن بافت‌های گیاهی در دمای ۵۰۰ تا ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی تعیین گردید. عملکرد در هر کرت آزمایشی پس از حذف دو ردیف حاشیه و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت، کل کرت برداشت شده و وزن خشک آن به‌وسیله ترازو اندازه‌گیری و به‌صورت تن در هکتار گزارش گردید.

تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای هر سال انجام شد. همچنین، پس از آزمون یکنواختی واریانس خطای دو سال توسط آزمون بارتلت به‌منظور مقایسه اثر سال از تجزیه مرکب استفاده شد. به‌منظور مقایسه میانگین ارقام از روش دانکن بهره گرفته شد. تجزیه واریانس و مقایسه‌های میانگین به کمک نرم‌افزار SAS 9.1، آزمون نرمال بودن داده‌ها توسط نرم‌افزار Minitab و ترسیم شکل‌ها به کمک نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب دو سال اثر تیمارهای آزمایش بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول گل‌آذین و تعداد برگ نشان داد که اثر متقابل سال در هیچ یک از تیمارها به جز اثر سال در گیاه معنی‌دار نشد، اما اثرات اصلی و اثر متقابل سه عامل بر این صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین تجزیه مرکب دو سال نشان داد گه گیاه آمارانت به‌طور معنی‌داری ارتفاع بیشتری نسبت به گیاه ارزن دارد. همچنین، نتایج نشان داد که با افزایش دور آبیاری از ارتفاع گیاه کاسته و با افزایش مصرف کود پتاسیم بر ارتفاع گیاه افزوده می‌شود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در گیاه در سطوح پتاس نشان داد که در آمارانت علوفه‌ای در هر سه تیمار آبیاری با افزایش میزان پتاسیم، ارتفاع بوته افزایش یافت. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار دور آبیاری ۵ روزه و میزان ۱۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار مشاهده شد و با افزایش فاصله آبیاری در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، ارتفاع بوته کمترین میزان را داشت. در ارزن علوفه‌ای در هر سه تیمار دور آبیاری، بین مقادیر مختلف کود پتاسیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار دور آبیاری ۵ روزه و میزان ۱۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار و کمترین ارتفاع بوته در دور آبیاری ۱۵ روزه و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، مشاهده شد (جدول ۳). افزایش فواصل آبیاری و تنش ناشی از آن موجب کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز و نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌گردد که نتیجه آن کاهش

ارتفاع بوته خواهد بود. همچنین، تنش ایجاد شده سبب کاهش جذب عناصر غذایی از جمله پتاسیم که عنصر تنظیم کننده پتانسیل فشاری جهت بزرگ شدن سلول است، خواهد شد (Heidari Sharif Abad, 2004). اعمال تنش رطوبتی به ویژه در مراحل حساس نموی کاهش تولیدات فتوسنتزی مورد نیاز جهت رشد را به همراه داشته و موجب کاهش ارتفاع ساقه و اندام هوایی خواهد شد همچنین تنش آبی (از مرحله طویل شدن ساقه به بعد) باعث کاهش ارتفاع بوته و در نتیجه کاهش تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی (Ghodsi *et al*., 2003) می‌شود. نتایج مشابهی در مورد قطر ساقه نیز به‌دست آمد. (جدول ۳).

در آمارانت علوفه‌ای در هر سه تیمار دور آبیاری با افزایش میزان کود پتاسیم، طول گل آذین افزایش معنی‌داری یافت به‌طوری‌که بیشترین طول گل‌آذین در تیمار دور آبیاری ۵ روزه و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و کمترین طول گل‌آذین در تیمار دور آبیاری ۱۵ روزه و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به‌دست آمد. در ارزن علوفه‌ای نیز در هر سه دور آبیاری با افزایش میزان پتاسیم، طول گل‌آذین افزایش یافت با این تفاوت که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم مشاهده نشد (جدول ۳).

در آمارانت علوفه‌ای در هر سه تیمار دور آبیاری با افزایش میزان کود پتاسیم، تعداد برگ افزایش معنی‌داری یافت. بیشترین تعداد برگ در تیمار دور آبیاری ۵ روزه و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و کمترین تعداد برگ در تیمار دور آبیاری ۱۵ روزه و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به‌دست آمد. در ارزن علوفه‌ای بین تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تحت تنش های محیطی، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از قبیل اسید ایندول -۳-استیک (IAA)، اسید آبسیزیک (ABA)، زئاتین ریبوزید (ZR) و جیبرلین (GA) ارتباط نزدیکی با نمو گیاهان دارند (Hansen and Grossmann, 2000). نیابت و رضوانی‌مقدم (Niabat and Rezvanimoghadam, 2010) نیز اعلام کردند تنش خشکی باعث پیری زودرس برگ‌ها می‌شود و تعداد برگ در بوته تحت تاثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد. تحقیق کریشنا و همکاران (Krishna *et al*., 2021) بیانگر کاهش رشد رویشی و تعداد برگ در ارزن علوفه‌ای در صورت در معرض تنش خشکی قرار گرفتن به مدت ۳۶ روز قبل از پرشدن دانه، می‌باشد.

پتاسیم نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد نیاز برای تقویت و رشد و نمو رویشی از جمله تقسیم و طویل شدگی سلول دارد که می‌تواند به‌طور غیرمستقیم تعداد برگ را افزایش دهد (Fouger and Malakouti, 2001).

درصد الیاف خام

نتایج تجزیه مرکب دو سال نشان داد که اثر متقابل سال در هیچ یک از تیمارها معنی‌دار نشد، اما اثرات اصلی و اثر متقابل سه گانه گیاه، آبیاری و سطوح پتاس معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی روند تغییرات درصد الیاف خام تحت تأثیر فواصل آبیاری و کود پتاسیم که در هر دو گیاه ارزن و آمارانت علوفه‌ای در فواصل آبیاری بیشتر، کاربرد مقادیر بالاتر پتاسیم باعث افزایش درصد فیبر خام شد. در تنش کمتر و یا به‌عبارتی در فواصل آبیاری کمتر روند افزایش فیبر خام با افزایش پتاسیم

تغییرات کمتری نشان داد (شکل ۱). کاهش درصد الیاف خام علوفه تحت شرایط تنش خشکی توسط محققین مختلف از جمله، کریشنا و همکاران (Krishna *et al*., 2021) و قنبری و همکاران (Ghanbari *et al*., 2021) گزارش گردیده و علت افزایش قابلیت هضم و کیفیت علوفه را در سال‌های خشک، کاهش درصد الیاف خام علوفه در این سال‌ها معرفی کرده‌اند.

عملکرد علوفه خشک

اثر متقابل سال در هیچ یک از تیمارها معنی‌دار نشد، اما اثرات اصلی، اثر متقابل گیاه در سطوح پتاس و اثر متقابل سه گانه گیاه در آبیاری در سطوح پتاس معنی‌دار شد (جدول ۴). بررسی روند تغییرات عملکرد علوفه خشک تحت تأثیر فواصل آبیاری و کود پتاسیم که در هر دو گیاه ارزن و آمارانت علوفه‌ای نشان داد در هر سه تیمار آبیاری کاربرد مقادیر بالاتر پتاسیم باعث افزایش عملکرد علوفه خشک می‌شود. در گیاه ارزن علوفه‌ای در فاصله آبیاری ۵ روز روند تغییرات عملکرد علوفه خشک تحت تأثیر مقادیر کود پتاسیم تغییرات معنی‌داری نداشت. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با دور آبیاری ۵ روزه در گیاه آمارانت بیشترین و کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با دور آبیاری ۱۵ روزه در گیاه ارزن کمترین میزان عملکرد علوفه خشک را نشان دادند (شکل ۲). نتایج به‌دست آمده با یافته‌های ترائوره و همکاران (Traore *et al*., 2000) و کریمی و همکاران (Karimi *et al*., 2009) مبنی بر اینکه عملکرد علوفه خشک در اثر کمبود آب به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، مطابقت دارد. سرشاد و همکاران (Sarshad *et al*., 2021) نیز در آزمایش خود روی سورگوم علوفه‌ای نتیجه گرفتند که افزایش مقدار رطوبت خاک، عملکرد دانه، عملکرد علوفه و کیفیت آن را افزایش می‌دهد.

وزن خشک گیاه شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد محسوب می‌شود، به‌طورکلی، وزن خشک بالاتر نشان‌دهنده کارآیی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی و ارسال آن به اندام‌های در حال رشد است (Gomes-Sanchez *et al*., 2000). تنش رطوبتی در لپه هندی به شدت وزن خشک گیاه و عملکرد آن را کاهش می‌دهد (Nam *et al*., 2001). در شرایط تنش خشکی، مصرف پتاسیم با بهبود بخشیدن فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و افزایش سرعت تثبیت نیترات در گیاه، باعث افزایش کلروفیل برگ گردیده و در نتیجه فرآیند فتوسنتز، افزایش دوام سطح برگ و تولید ماده خشک بیشتر تداوم می‌یابد (Doberman, 2004). 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 بوده و کم شدن مواد هیدروکربنی گیاه در اثر تغییرات فتوسنتز و تنفس سبب کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (Tabatabaei, 2009).

درصد خاکستر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دور آبیاری، میزان پتاسیم و نوع گیاه بر درصد خاکستر علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴). آمارانت علوفه‌ای به‌طور معنی‌داری درصد خاکستر بیشتری نسبت به ارزن داشت. با افزایش دور آبیاری به ۱۵ روز درصد خاکستر کاهش اما دور آبیاری ۵ و ۱۰ روزه تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. نتایج اثر سطوح کود پتاسیم نشان داد که با افزایش سطح پتاسیم درصد خاکستر علوفه افزایش یافت (جدول ۵).

با توجه به این موضوع که درصد خاکستر بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بود و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط خشکی کاهش می‌یابد، در نتیجه کاهش درصد خاکستر علوفه در این شرایط بسیار محتمل است (Lemon, 2007). کاهش درصد خاکستر در شرایط تنش خشکی به‌وسیله سرشاد و همکاران (Sarshad *et al*., 2021) نیز گزارش شده است. ردی و همکاران (Reddy *et al*., 2021) در مطالعات خود در زمینه تنش خشکی بر روی ارزن پروسو اظهار نمودند که در تیمارهای تحت تنش علاوه بر کاهش عملکرد کمّی علوفه، ویژگی‌های کیفی آن مانند درصد خاکستر، درصد پروتئین و گوارش پذیری ماده خشک کاهش می‌یابند.

درصد پروتئین خام

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دور آبیاری، میزان پتاسیم و نوع گیاه بر درصد خاکستر علوفه به‌ترتیب در سطح احتمال یک درصد، ۵ درصد و یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴). نتایج نشان داد که آمارانت علوفه‌ای به طور معنی‌داری درصد پروتئین بیشتری نسبت به ارزن علوفه‌ای داشت. با افزایش دور آبیاری به ۱۵ روز درصد پروتئین کاهش یافت اما دور آبیاری ۵ و ۱۰ روزه تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. نتایج اثر سطوح کود پتاسیم نشان داد که با افزایش سطح پتاسیم درصد پروتئین خام علوفه افزایش یافت (جدول ۵).

محققین بیان کرده‌اند که کاهش محتوای پروتئین تحت تنش خشکی با افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین و تجمع اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین مرتبط می‌باشد (Condes *et al*., 2009). نتایج بررسی ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم‌پذیری ۱۲ گونه علوفه‌ای در مناطق نیمه خشک تانزانیا نشان داد که پروتئین و انرژی متابولیسمی از فصول مرطوب به خشک کاهش می‌یابد (Safari *et al*., 2011). پتاسیم علاوه بر تنظیم اسمزی و تنظیم عملکرد روزنه‌ها در چندین فرآیند فیزیولوژیک دیگر مانند فتوسنتز، تخلیه فرآورده‌های فتوسنتزی در بافت‌های مخزن، فعالیت آنزیم‌ها، سنتز پروتئین، توازن بار و کاهش جذب یون‌هایی مثل سدیم و آهن در خاک‌های شور و غرقابی نقش دارد (Cakmak, 2005). علت این کاهش می‌تواند تجزیه پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی و عدم سنتز مجدد آنها در این شرایط باشد (Reddy *et al*., 2021).

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)

نتایج تجزیه مرکب دو سال نشان داد که اثر متقابل سال در هیچ یک از تیمارها معنی‌دار نشد، اما اثرات اصلی و اثر متقابل گیاه در آبیاری در سطوح پتاس معنی‌دار بود (جدول ۴). آمارانت به طور معنی‌داری درصد NDF کمتری نسبت به ارزن داشت. بررسی روند تغییرات الیاف نامحلول در شوینده خنثی تحت تأثیر فواصل آبیاری و کود پتاسیم نشان داد که با اعمال تنش به‌ویژه در فواصل آبیاری ۱۵ روزه کاربرد مقادیر بالاتر پتاسیم باعث کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد. در گیاه ارزن علوفه‌ای کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با دور آبیاری ۱۵ روزه بیشترین و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با دور آبیاری ۵ روزه در گیاه آمارانت علوفه‌ای کمترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی را نشان دادند (شکل ۳).

غلات با محتوای دیواره سلولی بالاتر به‌طور معمول، پتانسیل مصرفی پایین‌تری نسبت به لگوم‌ها دارند (Buxton, 1996). تنش خشکی موجب بالا رفتن مقدار NDF گیاه می‌شود و در

نتیجه دام‌ها به دنبال گیاهانی با NDF کمتر و قدرت هضم‌پذیری بالاتری هستند (Arzani *et al*., 2006).

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

نتایج تجزیه مرکب دو سال نشان داد که اثر متقابل سال در هیچ یک از تیمارها معنی‌دار نشد، اما اثرات اصلی و اثر متقابل گیاه در آبیاری در سطوح پتاس معنی‌دار بود (جدول ۴).

بررسی روند تغییرات الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تحت تأثیر فواصل آبیاری و کود پتاسیم که با اعمال تنش بیشتر درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاهش یافت. افزایش مقدار کود پتاسیم در زمان تنش به‌ویژه در فاصله آبیاری ۱۵ روزه باعث افزایش درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شد. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با دور آبیاری ۵ روزه در گیاه ارزن علوفه‌ای بیشترین و کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با دور آبیاری ۵ روزه در گیاه آمارانت علوفه‌ای کمترین درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را نشان دادند (شکل ۴). ارتباط معکوس بین مقدار ADF وNDF و کاهش میزان و کیفیت تولید علوفه تحت تنش آبی و خشکی نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار تنش بر غلظت ADF بوده که می‌تواند تحت تاثیر واریته، بیوسنتز اجزای دیواره سلولی، زمان و مراحل مختلف برداشت طی سیکل رویشی گیاه باشند (Piri *et al*., 2018; Noroozi *et al*., 2015).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج مقایسه میانگین تجزیه مرکب دو سال نشان داد گه گیاه آمارانت به‌طور معنی‌داری عملکرد علوفه خشک، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام، و کربوهیدرات محلول بیشتری نسبت به گیاه ارزن دارد. همچنین، گیاه ارزن به طور معنی‌داری درصد الیاف خام، درصد NDF و درصد ADF، بیشتری نسبت به گیاه آمارانت داشت. افزایش دور آبیاری باعث کاهش صفات درصد الیاف خام، عملکرد علوفه خشک، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام، درصد ADF، و افزایش میزان درصد NDF شد. با افزایش سطح کود پتاسیم بر میزان درصد الیاف خام، عملکرد علوفه خشک، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام، درصد و ADF افزوده شده و از میزان NDF در گیاه کاسته شد. هر چند اختلاف معنی‌داری میان کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس برای درصد الیاف خام، درصد خاکستر، درصد پروتئین خام، درصد NDF و درصد ADF مشاهده نگردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل انجام آزمایش

Table 1- The results of soil analysis at the experimental sites

Soil depth	Sand %	Silt %	Clay %	Soil texture	Organic carbon (%)	Organic matter (%)	Total nitrogen (%)	Available P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	pH	EC
0-45cm	27	55	18	siltyloam	1.6	1.6	0.16	9.8	210	7.41	1.79

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده علوفه

Table 2- Combine analysis of variance of treatments effects on measured indices of forage

منابع تغییر S.O.V.		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square			
			ارتفاع بوته Plant Height	قطر ساقه Stem diameter	طول گل آذین Inflorescence length	تعداد برگ Leaf number
Year	سال	1	0.21	0.09	100.97*	4.98
Error (a)	خطا (a)	4	96.93	1.41	11.03	258.32
Irrigation	آبیاری	2	14249.26**	44.34**	3469.29**	297646.90**
Year×Irrigation	سال×آبیاری	2	3.99	0.47	36.73	311.80
Error (b)	خطا (b)	8	74.82	1.32	28.96	455.75
Plant	گیاه	2	320641.69**	1510.15**	21593.65**	3815337.34**
Year×Plant	سال×گیاه	2	648.13*	0.28	28.56	2.27
Irrigation×Plant	آبیاری×گیاه	2	4349.20**	35.86**	804.16**	266494.84**
Year×Plant×Irrigation	سال × گیاه ×آبیاری	2	79.84	0.49	47.68	270.82
Potassium	سطوح پتاس	2	9061.32**	33.60**	1179.14**	34088.81**
Year×Potassium	سال × پتاس	2	15.57	0.34	9.29	269.98
Irrigation×Potassium	آبیاری× پتاس	4	777.75**	5.20**	189.77**	1851.08**
Year×Irrigation×Potassium	سال ×آبیاری× پتاس	4	43.90	0.25	5.15	507.72
Plant×Potassium	گیاه × پتاس	2	2404.73**	29.96**	396.15**	29755.65**
Year×Plant×Potassium	سال ×گیاه × پتاس	2	29.61	0.29	20.73	307.39
Plant×Irrigation×Potassium	گیاه × آبیاری× پتاس	4	922.19**	5.33**	168.46**	1758.24**
Year×Irrigation×Plant×Potassium	سال ×گیاه × آبیاری× پتاس	4	128.28	0.26	1.97	525.27
Error	خطا	60	135.24	1.41	16.76	427.56
C.V.(%)	ضریب تغییرات		7.62	27.27	13.01	10.33

*، ** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد و یک درصد می‌باشد.

*, ** indicates significance in 5 and 1% respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات سه جانبه گیاه، دورآبیاری و کود پتاسیم بر ارتفاع بوته، قطرساقه، طول گل آدین و تعداد برگ

Table 3- Mean comparison of triple effects of plant, irrigation and potassium fertilizer on plant height, stem diameter, flower length and number of leaves

گیاه Plant	دور آبیاری Irrigation interval(day)	کود پتاسیم Potassium fertilizer ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع Plant height (cm)	قطر Stem diameter (cm)	طول گل آذین Inflorescence length (cm)	تعداد برگ Leaf number
آمارانت Amaranth	5	50	209.71b-d	7.46bc	47.98cd	498.84c
		100	222.47b	9.63b	53.13b	540.26b
		150	287.26a	13.93a	81.05a	565.31a
	10	50	187.22de	6.34cd	38.94e	367.40e
		100	205.09b-e	8.36bc	44.23d	426.57d
		150	216.39bc	8.73bc	49.91bc	519.71bc
	15	50	158.32f	4.72d	28.15fg	119.75h
		100	182.65ef	6.62cd	30.80f	196.79g
		150	194.53c-e	7.12cd	36.20e	258.09f
ارزن Panicum	5	50	102.72g-i	0.72e	20.64i	14.62i
		100	106.80gh	0.69e	21.51hi	15.90i
		150	114.51g	0.78e	25.49gh	17.79i
	10	50	89.25hi	0.59e	14.75jk	9.80i
		100	93.51g-i	0.62e	16.97i-k	14.88i
		150	104.41g-i	0.69e	19.38ij	16.45i
	15	50	80.07i	0.42e	9.75l	5.38i
		100	92.28g-i	0.51e	12.54kl	7.00i
		150	99.31g-i	0.58e	14.83jk	7.70i

اعداد دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند

Numbers with same letters are not significantly different according to Duncan's test.

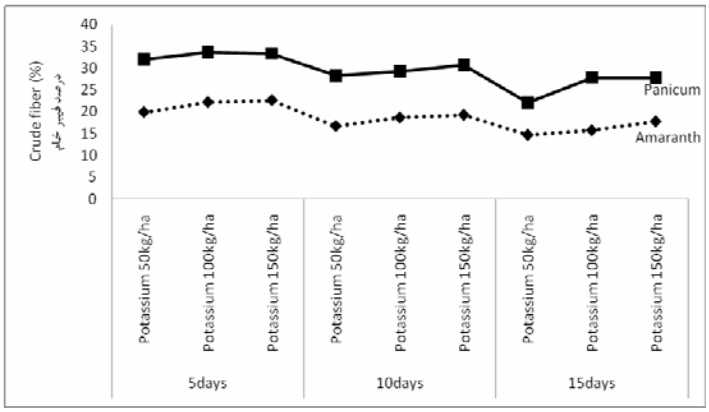
جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص های اندازه گیری شده علوفه

Table 4- Combine analysis of variance of treatments effects on measured indices of forage

منابع تغییر S.O.V.		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
			الیاف خام Crude fiber	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	درصد خاکستر Ash%	پروتئین خام Crude protein	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Natural detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Natural detergent fiber
Year	سال	1	2.78	0.36	5.73	5.05	8.75	27.90
Error (a)	خطا (a)	4	3.89	1.18	2.99	5.69	4.89	12.33
Irrigation	آبیاری	2	359.44**	255.95**	82.63**	153.41**	487.44**	377.55**
Year×Irrigation	سال×آبیاری	2	1.14	1.58	1.25	3.85	19.31	0.89
Error (b)	خطا (b)	8	1.65	2.09	2.27	5.15	7.06	7.08
Plant	گیاه	2	3162.18**	174.04**	27.40**	18.27*	11074.40**	1016.07**
Year×Plant	سال×گیاه	2	2.46	0.01	0.36	2.10	13.60	0.13
Irrigation×Plant	آبیاری×گیاه	2	0.92	1.42	0.40	0.80	3.12	0.77
Year×Plant×Irrigation	سال × گیاه ×آبیاری	2	6.67	1.74	0.44	3.22	0.14	8.09
Potassium	سطوح پتاس	2	86.89	94.12**	18.37**	53.30**	178.66**	74.94**
Year×Potassium	سال × پتاس	2	0.40	1.07	0.76	4.18	10.07	4.22
Irrigation×Potassium	آبیاری× پتاس	4	5.85	6.11	1.91	3.32	16.82	14.82
Year×Irrigation×Potassium	سال ×آبیاری× پتاس	4	2.35	0.35	0.67	0.66	1.16	7.47
Plant×Potassium	گیاه × پتاس	2	2.54	20.85**	0.20	3.68	4.97	1.61
Year×Plant×Potassium	سال ×گیاه × پتاس	2	0.49	0.06	0.56	2.37	9.64	6.42
Plant×Irrigation×Potassium	گیاه × آبیاری× پتاس	4	8.28*	8.52*	0.44	1.16	50.65*	70.48**
Year×Irrigation×Plant×Potassium	سال ×گیاه × آبیاری× پتاس	4	1.82	0.07	0.48	2.13	1.67	3.55
Error	خطا	60	2.65	2.93	2.18	2.84	9.70	9.02
C.V.(%)	ضریب تغییرات		6.78	20.02	13.92	13.91	7.31	12.29

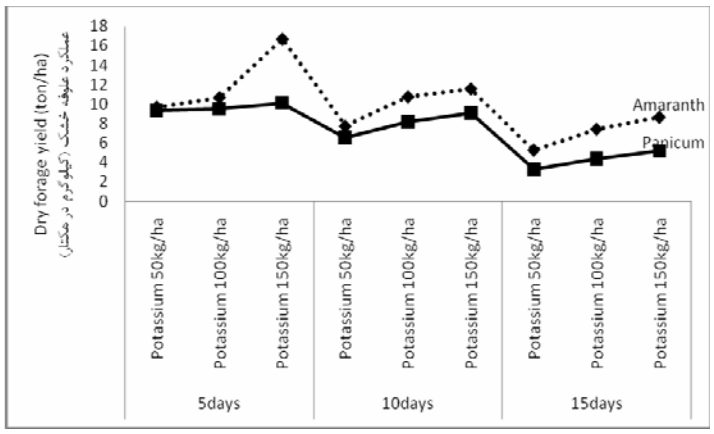
*، ** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد و یک درصد می‌باشد.

*, ** indicates significance in 5 and 1% respectively.



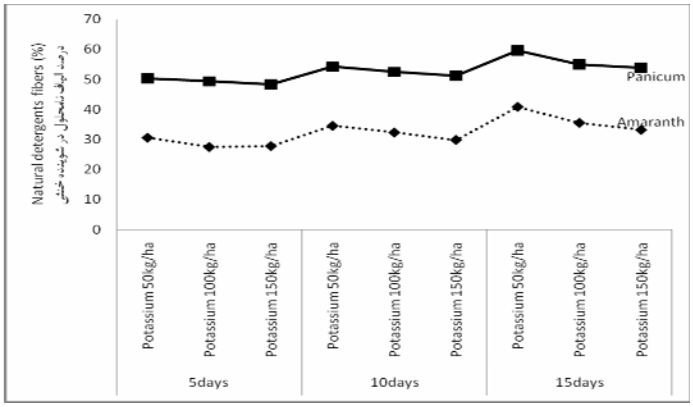
شکل ۱- بررسی روند تغییرات درصد فیبر خام آمارانت علوفه‌ای و ارزن تحت تاثیر فواصل آبیاری و کود پتاسیم

Figure 1- Investigation of changes in the percentage of crude fiber of forage amaranth and millet as affected by irrigation intervals and potassium fertilizer



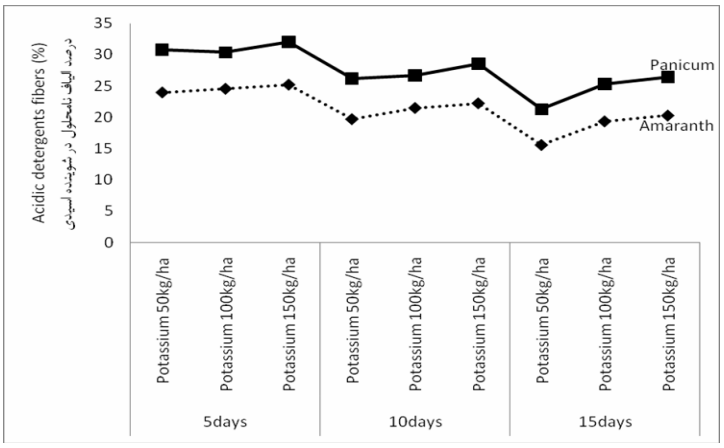
شکل ۲- بررسی روند تغییرات عملکرد علوفه آمارانت و ارزن تحت تاثیر فواصل آبیاری و کود پتاسیم

Figure 2- Investigation of changes in the dry forage yield of forage amaranth and millet as affected by irrigation intervals and potassium fertilizer



شکل ۳- بررسی روند تغییرات درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی آمارانت و ارزن تحت تاثیر فواصل آبیاری و کود پتاسیم

Figure 3- Investigation of changes in the percentage of natural detergents fibers of forage amaranth and millet as affected by irrigation intervals and potassium fertilizer



شکل ۴- بررسی روند تغییرات درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی آمارانت و ارزن تحت تاثیر فواصل آبیاری و کود پتاسیم

Figure 4- Investigation of changes in the percentage of acidic detergent fibers of forage amaranth and millet as affected by irrigation intervals and potassium fertilizer

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات درصد خاکستر و درصد پروتئین

Table 5- Mean comparison of main effects of Ash and Crude protein percentage

		درصد خاکستر Ash percentage	درصد پروتیین خام Crude Protein percentage
گیاه Plant	آمارانت Amaranth	11.08a	14.10a
	ارزن Panicum	9.10b	13.02b
دور آبیاری Irrigation interval	۵ روزه 5 days	12.50a	13.54a
	۱۰ روزه 10days	11.03a	11.22b
	۱۵ روزه 15 days	8.53c	8.32c
کود پتاسیم Potassium fertilizer(kg ha^{-1})	50	8.38c	9.30c
	100	12.47ab	11.41b
	150	13.08a	13.38a

اعداد دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Numbers with same letters are not significantly different according to Duncan's test.

References منابع مورد استفاده

- Ali, M., J. Bakht, and G. Khan. 2014. Effect of water deficiency and potassium application on plant growth, osmolytes and grain yield of *Brassica napus* cultivars. *Acta Botany. Croat*. 73(2): 299–314. doi:10.22069/ejcp.2018.12928.2005
- Arzani, H., M. Basiri, F. Khatibi, and G. Ghorbani. 2006. Nutritive value of some Zagros mountain rangeland species. *Small Ruminant Research*. 65: 128-135. doi:10.1016/j.smallrumres.2005.05.033
- Aslam, M., M.S.I. Zamir, I. Afzal, and M. Amin. 2014. Role of potassium in physiological functions of spring maize (*Zea mays* L.) grown under drought stress. *Journal of Animal and Plant Science*. 24(5): 1452-1465.
- Avanza, M.V., M.C. Puppo, and M.C. Anon. 2005. Rheological characterization of amaranth protein gels. *Food Hydrocolloids*. 19: 889–898. doi:10.1016/j. foodhyd.2004.12.002
- Azizabadi, E., A. Golchin, and M.A. Delavar. 2014. Effects of potassium and drought stress on growth indices and nutrients contents in safflower leaves. *Greenhouse Culture Science and Technology*. 5: 65-79. doi: 20.1001.1.20089082.1393.5.3.6.2. (In Persian).
- Buxton, D.R. 1996. Quality related characteristics of forage as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science Technology*. 53: 37-49.
- Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition*. 168: 521-530. doi:10.1002/ jpln.200420485
- Condes, M.C., A.A. Scilingo, and M.C. Anon. 2009. Characterization of amaranth proteins modified by trypsin proteolysis. Structural and functional changes. *LWT - Food Science and Technology*. 42: 963–970. doi:10.1016/j.lwt.2008.12.008
- Doberman, A. 2004. Crop potassium nutrition implications for fertilizer recommendations. Department of Agronomy and Horticulture, University of Nebraska, Lincoln, NE. pp. 1-12.
- Farahmandfar, M., P. Sharifi, and M.N. Safarzadeh Vishkaei. 2018. The effect of different amounts of potassium fertilizer on some quantitative and qualitative traits of forage corn (*Zea mays* L.) in different irrigation regimes. *Journal of Crop Production*. 11(1): 127-140. (In Persian).
- Fouger, Z. K., and M.J. Malakouti. 2001. Optimal effect of fertilizer on increasing tomato yield. First edition of Tehran Agricultural Education Press. 155pp. (In Persian).
- Frootan, A., and M. Yarnia. 2015. Effects of soil and foliar applications of potassium sulfate on yield and yield components of maize SC. 704 under different irrigations levels in Iran. *Advances in Environmental Biology*. 9(4): 382-388.
- Ghanbari, M., A. Mokhtassi-Bidgoli, K. Mansour, and P. Talebi. 2021. The study of physiological and biochemical characteristics of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in response to bio-fertilizers and different irrigation regimes. *Agricultural Science and Sustainable Production*. 25 (1): 87-98. (In Persian).
- Ghodsi, M., M.R. Jalai Kamali, M.R. Chaichi, and D. Mazaheri. 2003. Dry matter accumulation and remobilization in bread wheat cultivars under water stress during

pre-and post-anthesis stages in field conditions. *Iranian Journal of Field Crop Research*. 1: 205-216. (In Persian).

- Gomes-Sanchez, D., G.P. Vannozzi, M. Baldini, S. Tahamasebi Enferadi, and G. Dell Vedove. 2000. Effect of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses. *Italian Journal of Agronomy*. 371-387.
- Hansen, H., and K. Grossmann. 2000. Auxin-induced ethylene triggers abscisic acid biosynthesis and growth inhibition. Plant Physiol 124: 1437-1448.
- Heidari Sharif Abad, H., 2004. Plant and nutrients. Payam Noor University Press. (In Persian).
- Heidari, M., and M.R. Asgharipour. 2013. Effect of different levels of potassium sulfate on yield and yield components of grain sorghum under drought stress. *Iranian Journal of Crop Research*. 10(2): 381-374. (In Persian).
- Karami, S., H. Hadi, S.M. Tajbakhsh, and S. Modaress. 2018. Effect of different levels of nitrogen and zeolite on chlorophyll content, quantity and quality of Amaranth forage under deficit irrigation stress. *Journal of Crops Improvement*. (In Persian).
- Karimi, M., M. Esfahani, M.H. Biglouei, B. Rabiee, and A. Kafi Gasemi. 2009. Effect of deficit irrigation treatments on morphological traits and growth indices of corn forage in the Rasht Climate. *Electronic Journal of Crop Production*. 2 (2): 91-109. (In Persian).
- Krishna, S.S., N. Reddy, and R.L. Ravi Kumar. 2021. Assessment of traits for grain yield under drought in finger millet. *Oecologia*. 24 (1). 212-224.
- Lemon, J. 2007. Nitrogen management for wheat protein and yield in the Sperance port zone. Department of Agriculture and Food Publisher, 25 pp.
- Majlesy, A., and E. Gholinezhad. 2013. Phenotype and quality variation of forage maize (*Zea mays* L.) with potassium and micronutrient application under drought stress conditions. *Field Crop Research*. 1(2): 44-55.
- Malek-Mohammadi, M., A. Maleki, S.A. Siaddat, and M. Beigzade. 2013. The effect of zinc and potassium on the quality yield of wheat under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Science*. 6(16): 1164-1170.
- Mlakar, S.G., M. Bavec, M. Jakop, and F. Bavec. 2000. Productivity of grain amaranth a. cruentus 'g6' as affected by drought occuring at different growth stages. 5th International Symposium of the European Amaranth Association. Nitra, November 9-14. Slovak Republic.
- Mohd Zaina, N.A., and I. Mohd Razi. 2016. Effects of potassium rates and types on growth, leaf gas exchange and biochemical changes in rice (*Oryza sativa*) planted under cyclic water stress. *Agricultural Water Management*. 164: 83–90.
- Nam, N.H., Y.S. Chauhan, and C. Johansen. 2001. Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short-duration pigeonpea lines. *Journal of Agricultural Science*. 136(2): 179-189.
- Niabat, J., and P. Rezvani moghadam. 2010. Effect of irrigation intervals on the yield and morphological characteristics of forage millet, sorghum and corn. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 41: 179-186. (In Persian).
- Noroozi, H., H. Roshanfekr, P. Hassibi, and M. Mesgar bashi. 2015. Effect of irrigation water salinity on yield and quality of two forage millet varieties. *Journal of Water Research in Agriculture*. 28(3): 560-552 . (In Persian).

- Orji, A. 2003. Effect of drought stress on physiological, morphological and biochemical characteristics of some olive cultivars. Ph.D Thesis. University of Teacher training, Tehran. 148 pp. (In Persian).
- Piri, H., H. Ansari, and M. Parsa. 2018. The interaction effect of salinity, drought and harvesting dates on yield, quality and efficiency of forage sorghum in subsurface drip irrigation (Case Study: Sistan Plain). *Irrigation Sciences and Engineering*. 41(1): 99-114.
- Rajendra, H., M. Devaraja, and G. Subash. 2006. Effect of stage of harvesting of seed crop, nitrogen and phosphorus level of the forage yield and ratoon ability if forage pearl millet. *Indian Journal of Agriculture Research.* 40(3): 232 – 234.
- Reddy, N., Y.N. PriyaReddyb, V. Ramyaa, L.S. Sumaa, A.B. NarayanaReddyc, and S. Sanjeev Krishn. 2021. Millets and pseudo cereals. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 144-158.
- Safari, J., D.E. Mushi, G.C. Kifaro, L.A. Mtenga, and L.O. Eik. 2011. Seasonal variation in chemical composition of native forages, grazing behavior and some blood metabolites of Small East African goats in a semi-arid area of Tanzania. *Animal Feed Science and Technology*. 164: 62–70.
- Sarshad, A., D. Talaei, M. Torabi, F. Rafiei, and P. Nejatkhah. 2021. Morphological and biochemical responses of *Sorghum bicolor* (L.) Moench under drought stress. *Applied Science*. 3: 81: 270-282.
- Tabatabaei, S.J. 2009. Principles of plant nutrition. First edition. Tabriz University Press. 280 pp. (In Persian).
- Traore, S.B., R.E. Carlson, C.D. Pilcher, and M.E. Rice. 2000. Bt and Non-Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. *Agronomy Journal*. 92(1):1027–1035.
- van Soest, P.J. 1987. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press. U.S.A. 373p.
- Yarnia, M., M.B. Khorshidi Benam, E. Farajzadeh Memari Tabrizi, N. Nobari, and V. Ahmadzadeh. 2011. Effect of planting dates and density in drought stress condition on yield and yield components of amaranth cv. koniz. *Advances in Environmental Biology*. 5(6): 1139-1149.
- Zhang, L., M. Gao, S. Li, A.K. Alva, and M. Ashraf. 2014. Potassium fertilization mitigates the adverse effects of drought on selected *Zea mays* cultivars. *Turkish Journal of Botany*. 38: 713-723. doi: 10.3906/bot-1308-47

Research Article DOI: 10.30495/JCEP.2023.1918753.1750

Evaluation of Growth Indices and Quantitative and Qualitative Characteristics of Forage Amaranth in Comparison with Forage Millet

Naser Zareh[1], Bahram Amiri[2*], Hamid Reza Miri[3], Omid Alizadeh[4] and Reza Hamidi[5]

Received: February 2021 , Revised: 13 February 2022, Accepted: 15 February 2022

Abstract

Drought is one of the major factors limiting productivity in agriculture and nutrition management, including the use of potash fertilizers, plays an important role in plant resistance to drought. In order to evaluate the quantitative and qualitative characteristics of forage amaranth in comparison with forage millet, a split factorial experiment was designed and conducted in a randomized complete block design with three replications in 2016 and 2017 in Saadatshahr region of Fars province. In this experiment, three irrigation intervals (5, 10 and 15 days) were used as the main factor, potassium fertilizer (50, 100 and 150 $kg.ha^{-1}$) and forage plants (amaranth and millet) as sub-plots. The results of mean comparison of two-year combined analysis showed that amaranth had significantly more height, stem diameter, inflorescence length, number of leaves per plant, dry forage yield, ash percentage, crude protein and carbohydrate content than millet. Increasing the irrigation interval reduced the height, stem diameter, inflorescence length, number of leaves per plant, 1000-seed weight, percentage of crude fiber, dry matter yield, ash percentage, and soluble carbohydrates. By increasing potassium fertilizer level, plant height, stem diameter, inflorescence length, number of leaves per plant, percentage of crude fiber, dry forage yield, ash percentage, crude protein percentage, ADF percentage and NDF percentage in the plant decreased. In general, it can be concluded that amaranth plant has higher yield and drought tolerance than millet and the application of 150 $kg.ha^{-1}$ of potassium fertilizer can be recommended to achieve higher yield.

Key words: Amaranth, Irrigation cycle, Millet, Potassium.

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran.
2- Department of Natural Resources, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran.
3- Department of Agronomy, Arsenjan Branch, Islamic Azad University, Arsenjan, Iran.
4- Department of Agronomy, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.
5- Department of Agronomy, Shiraz University, Shiraz, Iran.
**Corresponding Authors: bchamiri@gmail.com*