نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۹
۱۰۹-۱۲۵
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17223.3268

ارزیابی عملکرد کمی، کیفی و بهره‌وری آب دو رقم تاج خروس علوفه‌ای تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

محمدتقی فیض‌بخش[۱]، *حسن مختارپور[۱] و علیرضا کیانی[۲]

[۱]استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران،

[۲]استاد بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۹

چکیده

سابقه و هدف: زراعت تاج‌خروس راهی برای افزایش تنوع زیستی در مزرعه محسوب می‌شود. این گیاه دارای کارایی بالای فتوسنتزی بوده و به شرایط خشکی مقاوم است؛ بنابراین برای کشت در مناطق خشک مناسب است. ویژگی‌های مطلوب زراعی (سرعت رشد رویشی زیاد در ماه‌های گرم سال، تحمل به خشکی و بهره‌وری آب) و کیفی تاج‌خروس (سطح بالای پروتئین در دانه و علوفه) این گیاه را به‌عنوان یک گیاه با ارزش علوفه‌ای در تغذیه دام (گاو و گوسفند) مطرح نموده است.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌منظور بررسی میزان عملکرد کمی و کیفی و مقدار آب مصرفی تاج‌خروس علوفه‌ای در استان گلستان انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. میزان آب مصرفی (شامل آبیاری کامل، آبیاری بر اساس ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد آبیاری کامل) در کرت‌های اصلی و ارقام تاج‌خروس (شامل دو رقم Cim و loura) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم و اثر ساده آبیاری بر صفات ارتفاع بوته، وزن کل علوفه تر، وزن تر و خشک ساقه، وزن کل ماده خشک، بهره‌وری آب (بر اساس عملکرد وزن تر علوفه)، عملکرد الیاف نامحلول معنی‌دار بود. اثر آبیاری بر روی همه صفات موردبررسی در سطح آماری یک درصد نیز معنی‌دار بود و دو صفت عملکرد پروتئین و بهره‌وری آب (براساس ماده خشک) فقط تحت‌تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفتند. اثرات متقابل رقم × آبیاری بر روی صفات قطر ساقه، وزن تر و خشک برگ، نسبت برگ به ساقه، الیاف نامحلول (NDF)، درصد چربی خام، لیگنین، کلسیم و فسفر معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد ماده خشک در رقم Cim (۶ تن در هکتار) بالاتر از رقم Loura (۵/۵ تن در هکتار) بود. هم‌چنین بیش‌ترین بهره‌وری آب بر اساس وزن

* مسئول مکاتبه: mokhtarpour2009@yahoo.com

تر و وزن خشک به‌ترتیب برابر ۱۷/۱ و ۲/۲ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار، آبیاری بر اساس ۷۵ درصد تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد. بیش‌ترین عملکرد پروتئین در تیمار آبیاری کامل حاصل شد و با کاهش میزان آبیاری تا حد ۲۵ درصد از آبیاری کامل میزان پروتئین نیز کاهش یافت. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پروتئین در تیمارهای آبیاری به‌ترتیب ۹٤۷ و ٤۳۳ کیلوگرم در هکتار بود.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج این بررسی رقم Cim از نظر بیش‌تر صفات زراعی و کیفی علوفه نسبت به رقم Loura برتری داشت به‌طوری‌که ازنظر وزن برگ و ساقه، نسبت برگ به ساقه، فسفر و به‌ویژه بهره‌وری آب از بیش‌ترین مقادیر برخوردار بود. با توجه به نتایج حاصله، جهت دستیابی به علوفه با کیفیت بالا رقم Cim در شرایط آب و هوایی گرگان قابل توصیه است و جهت صرفه‌جویی در میزان آب (افزایش بهره‌وری)، لازم است آبیاری براساس ۷۵ درصد نیاز آبی تنظیم شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، پروتئین، فسفر، قطر ساقه، نسبت برگ به ساقه

مقدمه

تاج‌خروس (*Amaranthus spp.*) تحمل بالایی به شرایط کم‌آبی داشته و دارای سازگاری وسیع به شرایط خاک با دامنه واکنش قلیایی ٤/٥ تا ۸/۰ است (۱۲ و ۱۳)؛ بنابراین این گیاه می‌تواند در مناطق خشک توسعه یابد و به‌عنوان جایگزین مناسب در جهت کاهش هزینه‌های آبیاری و کشت در اراضی شور مورداستفاده قرار گیرد. پایین بودن سطح زیرکشت تاج‌خروس نشان‌دهنده عدم شناخت برتری‌های این گیاه نسبت به شرایط محیطی است (۲ و ٦). تاج‌خروس یکی از گیاهان دارای مسیر فتوسنتزی C4 است که در شرایط گرم به‌خوبی رشد می‌نماید. محتوای پروتئین علوفه یکی از ویژگی‌های مهم برای ارزیابی کیفیت علوفه است (۱۳). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که ارزش غذایی علوفه تاج‌خروس به‌عنوان خوراک نشخوارکنندگان بهتر از علوفه‌های رایجی مانند یونجه است. ترکیبات مطلوب آن (پروتئین خام بالا و لیگنین، نیترات و اسید اگزالیک کم) پتانسیل بالایی برای به‌کارگیری این علوفه در خوراک نشخوارکنندگان دارد (۱). برگ‌های تاج‌خروس حاوی مقادیر قابل‌قبولی از پروتئین، ویتامین و عناصر معدنی، فیبر و چربی غیراشباع است، بنابراین به‌عنوان یک گیاه امیدبخش موردتوجه محققان برای کشت در نواحی گرم و خشک قرار گرفته است (۱۲). برخی پژوهش‌گران با توجه به محدودیت شدید آب، افزایش جمعیت، سوءتغذیه و تغییر اقلیم نسبت به معرفی گیاهان بومی با طیف سازگاری وسیع در کشاورزی مدرن جهت تغذیه مردم اقدام نمودند، زیرا توجه به مسائل به‌زراعی، به‌نژادی و عملیات پس از برداشت موجب افزایش بهره‌وری از این گیاهان و تشویق کشاورزان خواهد شد (٢٤). پژوهش‌گران با بررسی نیاز آبی گیاه تاج‌خروس در نواحی نیمه‌خشک و نیمه گرمسیری در شرایط گلخانه دریافتند که در تیمارهای ۱۰۰ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی، تعداد برگ، شاخص سطح برگ، قطر ساقه، ارتفاع و وزن تر بوته نسبت به تیمارهای ٦٥ درصد و ٤۰ درصد بیش‌تر بود. همچنین ایشان بیان کردند که برای حصول حداکثر عملکرد در گیاه تاج‌خروس و

در مناطق نیمه‌خشک و نیمه‌گرمسیری، لازم است آبیاری بوته‌ها در ۸۵ درصد ظرفیت زراعی صورت گیرد (۳ و ۱۵). در بررسی فیض‌بخش و همکاران (۲۰۱۸) سه رقم تاج‌خروس (Kharkovski، Loura و Cim) از نظر صفات مورفولوژیکی و عملکرد علوفه مورد بررسی قرار گرفتند نتایج نشان‌دهنده برتری رقم Cim نسبت به دیگر ارقام بود این رقم از نظر صفاتی مانند عملکرد علوفه تر، درصد و عملکرد ماده خشک، وزن تر ساقه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر برگ، وزن تر ساقه و نسبت برگ به ساقه بیش‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داد و کم‌ترین مقادیر به رقم Loura تعلق یافت (۱۰).

در پژوهشی سه سطح آبیاری کامل، ۲۵ و ۵۰ درصد کاهش در میزان آب موردنیاز تاج‌خروس و دو سطح شوری (۲۲ دسی‌زیمنس بر متر و نرمال) بر رشد و عملکرد گونه‌های مختلف تاج‌خروس در شرایط مدیترانه‌ای ایتالیا موردبررسی قرار گرفت (۱۲). نتایج بررسی آن‌ها نشان داد گیاه تاج‌خروس تحمل بالایی به شرایط خشکی و شوری دارد و قادر است شرایط خشکی تا ۵۰ درصد آب موردنیاز را به‌خوبی تحمل نماید. با افزایش سطح خشکی میزان نشاسته و خاکستر دانه کاهش ولی میزان پروتئین آن افزایش یافت. ازاین‌رو در نقاط دارای کمبود آب این علوفه می‌تواند جانشین سیلویی مناسب برای ذرت باشد. در نتایج مطالعه‌ای دیگر گزارش شد حداکثر وزن خشک تاج‌خروس در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد و در آبیاری بر اساس ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حداکثر وزن خشک به‌ترتیب ۲۹ و ٤١ درصد نسبت به ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش نشان داد (۹). گروهی از پژوهش‌گران با بررسی بهره‌وری آب در گیاه تاج‌خروس گزارش کردند که بیش‌ترین بهره‌وری آب بر اساس وزن خشک گیاه تاج‌خروس مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و برابر با ۰/٤۰ کیلوگرم بر مترمکعب است. هم‌چنین آبیاری بر اساس ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نیز به‌ترتیب با ۰/۳٦ و ۰/۲٦ در رده‌های بعدی قرار گرفتند (۱۰). تاج‌خروس یکی از گیاهانی است که به‌تازگی موردتوجه پژوهش‌گران قرار گرفته است. در شهرستان گرگان نیز کشت تاج‌خروس علوفه‌ای رواج نداشته و اطلاعات به‌زراعی کشت تاج‌خروس ازجمله میزان آب مصرفی برای حصول حداکثر عملکرد در دسترس نیست؛ بنابراین در این مطالعه به بررسی فاکتور مهم میزان آب مصرفی بر عملکرد علوفه و سایر خصوصیات گیاه تاج‌خروس علوفه‌ای پرداخته‌شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (عراقی‌محله) واقع در ۵ کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٥٤ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. ارتفاع از سطح دریا در این ایستگاه تحقیقاتی ۵ متر و متوسط بارندگی سالیانه ٤٥۰ میلی‌متر است. قبل از اجرای آزمایش سه نمونه خاک مرکب در اعماق ۳۰-۰، ٦۰-۳۰ و ۹۰-٦۰ سانتی‌متر برداشت شد. این نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه جهت تعیین میزان کود مصرفی و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارائه شده است. کود مصرفی بر اساس نتایج تجزیه خاک

شامل کود فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع فسفات تریپل، کود نیتروژن (٦۹ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره (۲۳ کیلوگرم به‌عنوان پایه و ٤٦ کیلوگرم سرک) در دو مرحله پنجه‌زنی و ساقه رفتن مصرف شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک موردمطالعه.

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil.

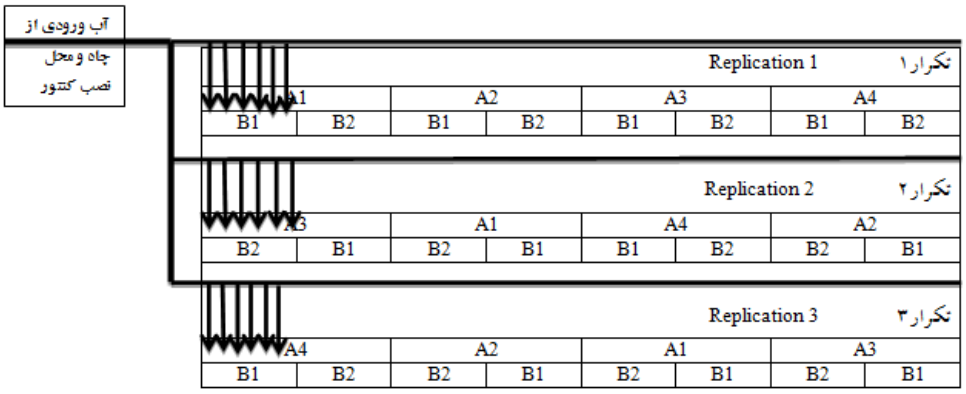
ویژگی‌های خاک soil characteristics	عمق خاک Soil Depth(cm)		
	0-30	30-60	60-90
اسیدیته pH	7.7	7.6	7.5
هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	4.2	5.1	4.1
بافت خاک Soil texture	لومی شنی رسی Sandy Clay Loam	لومی شنی رسی Sandy Clay Loam	لومی شنی رسی Sandy Clay Loam
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Buck Density ($gr.cm^{-3}$)	1.4	1.4	1.4
محتوی آب خاک در نقطه اشباع (درصد حجمی) Soil water content at saturation point (m^3/m^3)	52.2	51.9	60
محتوی آب خاک در ظرفیت زراعی (درصد حجمی) Soil water content at field capacity (m^3/m^3)	27	27.6	27.7
محتوی آب خاک در نقطه پژمردگی دائم (درصد حجمی) Soil water content at wilting point (m^3/m^3)	12.3	9.8	9.8

کاشت به‌صورت دستی انجام شده و برای رسیدن به تراکم‌های موردنظر، تنک کردن بوته‌ها در مرحله ٤-۳ برگی صورت گرفت. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) در پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به‌مدت یک سال اجرا شد. تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی و دو رقم تاج‌خروس Cim و Loura در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در انتخاب پلات‌های آزمایشی به یکسان بودن شرایط منطقه برای تیمارهای متفاوت آبیاری دقت گردید. عرض و طول کرت‌های آزمایشی به‌ترتیب ۳ و ٦ متر در نظر گرفته شدند (شکل ۱).

تیمارهای آبیاری دارای ٤ سطح، شامل آبیاری کامل، آبیاری بر اساس ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد آبیاری کامل بود. برای تعیین مقدار آب موردنیاز گیاه در هر آبیاری کمبود رطوبت خاک (SMD) با اندازه‌گیری رطوبت خاک با استفاده از اوگر (با نمونه‌گیری از نیمرخ خاک و به روش وزنی) قبل از آبیاری و با هدف تأمین رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه ۱ برآورد شد.

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_i).f.Bd.Dr \qquad (۱)$$

که در آن، SMD کمبود رطوبت خاک برحسب میلی‌متر، θ_{FC} و θ_i به ترتیب رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری برحسب درصد وزنی، f ضرایب مربوط به تیمارهای آبیاری، Bd جرم مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب و Dr عمق توسعه ریشه گیاه برحسب میلی‌متراست.



A1، A2، A3 و A4: به ترتیب تیمارهای آبیاری شامل: آبیاری کامل، آبیاری بر اساس ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد آبیاری کامل

B1: رقم لورا، B2 رقم سیم.

عرض و طول کرت‌های آزمایشی به‌ترتیب ۳ و ۶ متر در نظر گرفته شدند و فاصله بین خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر بود.

جهت جلوگیری از نفوذ آب و حذف اثرات حاشیه‌ای فاصله بین کرت‌ها و تکرارها به ترتیب ۲ و ۳ متر در نظر گرفته شد.

خطوط مشکی مسیر لوله‌های آب را نشان می‌دهد. میزان آب ورودی به هرکرت با استفاده از شیر پلاستیکی تعبیه شده در ابتدای هر خط کاشت کنترل شد.

شکل ۱- نقشه اجرای آزمایش.

Figure 1. Execution map.

زمان اعمال تیمارهای آبیاری بر مبنای تخلیه ۶۰-۴۰ درصد رطوبت قابل‌استفاده خاک در تیمار آبیاری کامل، انجام شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای نواری با استفاده از نوارهای تیپ انجام شد. جنس نوارهای آبیاری، پلی‌اتیلن به قطر ۲۰ میلی‌متر و فاصله نازل‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. میزان آب داده شده به هر کرت با کنتور با دقت ۰/۱ لیتر در هکتار اندازه‌گیری شد. برداشت علوفه در زمان ۲۵ درصد گل‌دهی صورت گرفت (۶۳ روز پس از کاشت) و میزان علوفه تر، علوفه خشک و کیفیت علوفه نیز تعیین شد. سپس نتایج بررسی و میزان عملکرد بر اساس میزان آب مصرفی تعیین و بهره‌وری آب نیز مشخص گردید. در زمان برداشت، نمونه‌های یک کیلوگرمی از برگ و ساقه از تیمارهای برداشت‌شده در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت قرار گرفت. وقتی‌که وزن خشک نمونه‌ها در دو توزین متوالی یکسان شد، ماده خشک اندام‌ها (برگ، ساقه)، ثبت و با توجه به وزن هرکدام از اندام‌ها عملکرد ماده خشک محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری صفات کیفی، نمونه‌ها در سایه خشک شده و سپس با کمک آسیاب

برقی پودر شد و از هر تیمار نمونه ۵۰ گرمی به آزمایشگاه منتقل شد. خصوصیات کیفی علوفه خشک شده و ترکیبات شیمیایی شامل درصد پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، عملکرد الیاف نامحلول در شوینده خنثی و نیز مواد معدنی آن درصد لیگنین، درصد کلسیم، درصد چربی خام و درصد فسفر اندازه‌گیری شدند (۲ و ٤). در پایان تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها و برش‌دهی اثر متقابل با آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم و اثر ساده آبیاری بر صفات ارتفاع بوته، وزن کل علوفه تر، وزن تر و خشک ساقه، وزن علوفه خشک، بهره‌وری آب (بر اساس عملکرد وزن تر علوفه)، عملکرد الیاف نامحلول معنی‌دار بود. اثر آبیاری بر روی همه صفات موردبررسی در سطح آماری یک درصد نیز معنی‌دار بود و دو صفت عملکرد پروتئین و بهره‌وری آب (بر اساس ماده خشک) فقط تحت‌تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفتند. اثرات متقابل رقم × آبیاری بر روی صفات قطر ساقه، وزن تر و خشک برگ، نسبت برگ به ساقه، الیاف نامحلول (NDF)، درصد چربی خام، لیگنین، کلسیم و فسفر معنی‌دار بود (جدول‌های ۲ و ۳).

وزن تر علوفه در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد بالاترین (٦٦,۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) و در آبیاری ۲۵ درصد کم‌ترین (۱۵,۰۲۵ کیلوگرم در هکتار) مقدار را داشت (جدول ۵). همچنین عملکرد علوفه برای ارقام Cim و Loura برابر با ٤٥,۷۹۸ و ٤۲,۰۸۸ کیلوگرم در هکتار بود که به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد را تولید کردند. مطابق با نتایج آزمایش حاضر و نتایج بررسی دیگر نیز نشان‌دهنده تأثیر رژیم آبیاری بر وزن تر علوفه تاج‌خروس بود و وزن تر کل علوفه در آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب ٤۰ و ۵۵ درصد کم‌تر از تیمار آبیاری کامل بود (۹).

وزن تر ساقه در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد بالاترین (٤٦,۹۷۹ کیلوگرم در هکتار) و در آبیاری ۲۵ درصد کم‌ترین (۱۲٥٦۷ کیلوگرم در هکتار) مقادیر را داشت (جدول ۵). وزن تر ساقه برای رقم Cim و Loura به‌ترتیب برابر با ۳۳,٥۷٤/۵ و ۳۰,۸۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. طبق این نتایج در رقم Cim و آبیاری ۱۰۰ درصد بهترین عملکرد وزن تر ساقه و علوفه را به خود اختصاص دادند که با نتایج سایر پژوهش‌گران مطابقت داشت به‌طوری‌که در بررسی دیگر نیز بالاترین وزن تر ساقه متعلق به رقم Cim با ٤۹,۱۲۷ و کم‌ترین آن متعلق به رقم Loura با ۳۵,٤۵۱ کیلوگرم در هکتار بود (۱۰). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم × آبیاری بیش‌ترین وزن تر برگ (۲۰,۲٦۹ کیلوگرم در هکتار) از رقم Cim و در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد؛ به‌طوری‌که با سایر تیمارهای موردبررسی اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۵). از طرفی وزن تر برگ برای رقم Loura در دو تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری بیش‌ترین مقدار را داشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند. برای هر دو رقم کم‌ترین وزن تر برگ از تیمار ۲۵ درصد آبیاری حاصل شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نوع رقم و رژیم آبیاری بر صفات زراعی موردبررسی تاج خروس علوفه‌ای.

Table 2. Analysis of variance effect cultivar type and irrigation regime on agronomic traits of forage Amaranth.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن کل علوفه تر Fresh forge weight	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	وزن تر برگ Fresh leave weight	وزن تر ساقه Fresh stem weight	وزن خشک برگ Dired leave weight	وزن خشک ساقه Dired stem weight	علوفه خشک Dired forge weight	نسبت برگ به ساقه leaf/stem Ratio
تکرار Block	2	5763799^{ns}	67.16^{ns}	0.87^{ns}	1692708^{ns}	1412809^{ns}	45104.6^{ns}	20150.8^{ns}	67629.0^{ns}	0.001^{ns}
آبیاری Irrigation	3	3170981405**	4663.7**	119.9**	352577951**	14133783349**	11058846.8**	16328312.7**	53703951.8**	0.22**
خطای ۱ Error 1	6	6484555	79.83	1.26	607931	5192471^{ns}	35501.57	85376.24	135986.0	0.004
رقم Variety	1	82599441*	337.50*	35.04^{ns}	6174247*	43607800*	259168.2*	424536*	1347108.2*	0.001^{ns}
رقم × آبیاری Variety×Irrigation	3	6097842^{ns}	38.94^{ns}	5.48^{ns}	3481759*	13103020^{ns}	186548.3*	111721. 4^{ns}	195611.6^{ns}	0.016**
خطای ۲ Error 2	8	8908728	35.08	1	839121	5078620	44299.5	6758.2	161878.4	0.001
ضریب تغییرات CV (%)	-	6.79	4.10	5.51	7.81	6.99	10.70	6.88	7.0	7.85

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, *, ** Non significant and significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر نوع رقم و رژیم آبیاری بر صفات کیفی علوفه و بهره‌وری آب در تاج خروس علوفه‌ای.

Table 3. Analysis of variance effect cultivar type and irrigation regime on forage quality traits and water use efficiency in forage Amaranth.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	بهره‌وری آب (تر) Water use efficience (fresh) ($kg.m^{-3}$)	بهره‌وری آب (خشک) Water use efficience (dry) ($kg.m^{-3}$)	عملکرد پروتئین Protein yield ($kg.ha^{-1}$)	الیاف نا محلول در شوینده خنثی (NDF) Neutral Detergent Fiber	عملکرد الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber yield ($kg.ha^{-1}$)	چربی خام (٪) Crude fat (%)	لیگنین (٪) Lignin (%)	کلسیم (٪) Calcium (%)	فسفر (٪) Phosphoros (%)
تکرار Block	2	1.39^{ns}	0.021^{ns}	549.9^{ns}	0.74^{ns}	35084.3^{ns}	0.003^{ns}	0.04^{ns}	0.02^{ns}	0.003^{ns}
آبیاری Irrigation	3	25.18^{**}	0.57^{**}	412299.8^{**}	12.23^{*}	16210561.6^{**}	0.07^{*}	1.13^{**}	0.077^{ns}	0.005^{*}
خطای ۱ Error 1	6	0.97^{ns}	0.019^{ns}	1963.8^{ns}	0.36^{ns}	40105.9^{ns}	0.012^{ns}	0.01^{ns}	0.035^{ns}	0.0007^{ns}
رقم Variety	1	11.76^{*}	0.135^{ns}	2941.5^{ns}	7.27^{ns}	277393.0^{*}	0.05^{ns}	0.79^{**}	1.36^{**}	0.045^{**}
رقم × آبیاری Variety×Irrigation	3	0.98^{ns}	0.007^{ns}	3735.9^{ns}	60.31^{**}	146118.6^{ns}	0.103^{*}	1.49^{**}	0.107^{*}	0.012^{**}
خطای ۲ Error 2	8	1.42	0.026	2251.5	2.44	49816.9	0.016	0.016	0.025	0.0009
ضریب تغییرات CV (%)	-	8.24	8.67	6.68	2.94	7.26	11.86	3.01	12.50	8.30

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, *, ** Non significant and significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

مطابق با نتایج این مطالعه در بررسی دیگر نیز بیش‌ترین وزن تر برگ در رقم Cim (۱۳۱۸۸ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین آن در رقم Loura (۷۵۱۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (۱۰). بالا بودن برگ و ساقه در رقم Cim به افزایش عملکرد علوفه در این رقم منتهی شد. هم‌چنین بیش‌ترین نسبت برگ به ساقه نیز در هر دو رقم Cim و Loura در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد حاصل شد که با سایر تیمارهای موردبررسی اختلاف معنی‌داری داشت. میزان برگ در تیمارهای یادشده بیش‌تر از میزان ساقه آن‌ها بود که این امر به افزایش نسبت برگ به ساقه در این تیمارهای منتهی گردید. در بررسی دیگر بیش‌ترین نسبت برگ به ساقه در رقم Cim ۲۷/۷ درصد و کم‌ترین آن به Loura با ۲۱/۷ درصد تعلق داشت. ایشان نیز دلیل بالا بودن برگ به ساقه را بالا بودن وزن برگ در رقم Cim ذکر نمودند (۱۰). بیش‌ترین قطر ساقه در هر دو رقم Loura (۲٤/۳۳ میلی‌متر) و Cim (۲۱ میلی‌متر) در ۱۰۰ درصد آبیاری و کم‌ترین قطر ساقه نیز در تیمار آبیاری ۲۵ درصد به‌دست آمد (جدول ۵). در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد به‌دلیل شرایط مناسب رشد رویشی بهتر بود و به دنبال آن ساقه‌های قطورتر در این تیمار مشاهده شد. طبق نتایج همبستگی بین عملکرد علوفه تر با ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک کل رابطه قوی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ٦). پژوهش‌گران با بررسی سه رژیم آبیاری ٦۰ و ۳۰ و ۱۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش کردند که بالاترین قطر ساقه در آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که با تیمارهای آبیاری ٦۰ و ۱۰ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (۱۷). در بررسی دیگر؛ میانگین قطر ساقه برای ارقام Cim و Loura به‌ترتیب برابر با ۱۷/۱ و ۱٦/۵ میلی‌متر بود (۱۰) و نیز در منطقه البرز میانگین قطر ساقه در ارقام Cim و Loura به‌ترتیب برابر با ۱۲/۲ و ۱٤/٦ میلی‌متر بود (۱۵). دلیل تفاوت عددی قطر ساقه ارقام تاج‌خروس می‌تواند ناشی از تفاوت در ترکیب تیماری این آزمایش با بررسی‌های دیگر باشد به‌طوری‌که در بررسی فیض‌بخش و همکاران (۲۰۱۸) ارقام در تراکم‌های مختلف ارزیابی‌شده بودند و تغییر در تراکم منجر به تغییراتی در قطر ساقه گردید (۱۰). در مطالعه حاضر ارتفاع بوته در آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری ازلحاظ آماری نشان ندادند مقادیر این صفات در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ مشابه بوده و به‌طور مشترک در یک گروه آماری قرار گرفتند بااین‌حال میانگین ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های تاج‌خروس در تیمار آبیاری ۱۰۰ حدود ۸ سانتی‌متر بلندتر از تیمار ۷۵ درصد آبیاری بود. هم‌چنین بوته‌هایی که در تیمار رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد قرار داشتند از ساقه‌های قطورتری برخوردار بودند به همین علت باوجود مشابه بودن ارتفاع بوته در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری، درنهایت بوته‌های کشت‌شده در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری عملکرد علوفه بالاتری تولید کردند. هم‌چنین ارتفاع بوته رقم Cim (۱٤۸ سانتی‌متر) بیش‌تر از Loura (۱٤۰/۵ سانتی‌متر) بود (جدول ٤). ارتفاع بوته در آبیاری ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد به‌ترتیب برابر با ۱٦۹، ۱٦۱/۸، ۱۳۹/۵ و ۱۰۷ سانتی‌متر بود. در مطالعه‌ای که در کشور نیجریه بر گیاه تاج‌خروس علوفه‌ای صورت گرفت ارتفاع بوته در تیمارهای آبیاری بر اساس ۱۰۰ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای ٦۰ و ٤۵ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی بودند (۱۵). نتایج مطالعات دیگر نیز بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار ارتفاع بوته در آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود (۸). گروهی از پژوهش‌گران نیز گزارش کردند رژیم آبیاری ٦۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی تأثیری بر ارتفاع بوته‌های تاج‌خروس (در

مرحله ۳۳ روز پس از کاشت) نداشت، اما در آبیاری ۱۰ درصد ظرفیت زراعی ارتفاع به ۱۲ سانتی‌متر کاهش یافت (۱۳). در آزمایش انجام‌شده در منطقه گرگان، بیش‌ترین ارتفاع بوته رقم Cim برابر با ۱۵۹ و Loura ۱٤۸ سانتی‌متر بود (۸). ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک بازتابی از رشد رویشی مناسب می‌باشد و همان‌طور که نتایج همبستگی نشان داد بین عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته (r = ۰/۹۹) رابطه قوی، مثبت و معنی‌داری وجود داشت؛ بنابراین رقم Cim که به‌دلیل رشد رویشی مناسب، ارتفاع بوته بیش‌تری داشت از عملکرد علوفه بالاتری نیز برخوردار بود.

مقایسه میانگین اثرات ساده رقم نشان داد که رقم Cim نسبت به رقم Loura عملکرد ماده خشک کل بیش‌تری برخوردار است. هم‌چنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها وزن کل ماده خشک، در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با اختلاف معنی‌داری بیش‌ترین مقدار را نسبت به سایر تیمارهای آبیاری داشته و با کاهش آبیاری کاهش یافت (جدول ٤). طبق این نتایج وزن ماده خشک کل در تیمار ۱۰۰ در صد آبیاری برابر با ۸٤۰۱ و در تیمار ۲۵ درصد آبیاری ۱۹۳۷ کیلوگرم در هکتار بود. هم‌چنین وزن علوفه خشک برای رقم Cim ۵۹۸۰ و برای رقم Loura ۵۵۰٦ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ٤). در همین راستا نتایج بررسی دیگر نیز نشان‌دهنده تأثیر رژیم آبیاری بر وزن خشک علوفه تاج‌خروس بود (۹).

در مطالعه حاضر وزن خشک ساقه در آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری ازلحاظ آماری نشان ندادند مقادیر این صفات در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ مشابه بوده و به‌طور مشترک در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ٤). وزن ساقه خشک در تیمار ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد آبیاری به‌ترتیب برابر با ۵۱٦۸، ٤۸۹۹، ۳٤۷٦ و ۱۵٦۸ کیلوگرم در هکتار بود و رقم Cim (۳۹۱۱ کیلوگرم در هکتار) وزن ساقه خشک بیش‌تری نسبت به رقم Loura (۳٦٤۵ کیلوگرم در هکتار) تولید کرد (جدول ٤). در مطالعه دیگر نیز وزن علوفه خشک در تیمارهای آبیاری بر اساس ۱۰۰ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای ٦۰ و ٤۵ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی بودند، به‌طوری‌که میزان علوفه خشک در تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی ۱/۷۷ برابر بیش‌تر از میزان علوفه خشک در تیمار آبیاری بر اساس ٤۵ درصد ظرفیت زراعی بود (۱۵).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم × آبیاری، در رقم Cim بیش‌ترین (۳٤٤٦ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین وزن خشک برگ (۳۹۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ و ۲۵ درصد آبیاری کامل به‌دست آمد (جدول ۵). رقم Loura بیش‌ترین وزن برگ خشک را در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری تولید کرد و کم‌ترین مقدار آن از تیمار ۲۵ درصد آبیاری حاصل شد (جدول ۵).

بهره‌وری آب بر اساس وزن تر و خشک در تیمار ۷۵ درصد آبیاری بیش‌ترین و در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵ درصد آبیاری، کم‌ترین میزان را نشان داد، به‌طوری‌که بهره‌وری آب بر اساس وزن خشک در ۱۰۰ درصد آبیاری نسبت به ۷۵ درصد آبیاری به‌میزان ۲٤ درصد کم‌تر بود (جدول ٤). گروهی از پژوهش‌گران بیان کردند که بهره‌وری آب بر اساس وزن علوفه تر ۱/۸۸، ۲/۲٦ و ۲/٤۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب و بر اساس وزن علوفه خشک ۰/۲٦، ۰/٤۰ و ۰/۳٦ کیلوگرم بر مترمکعب آب به‌ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت بااین‌حال در بررسی آن‌ها نیز به‌ویژه برای عملکرد علوفه خشک مقدار عددی بهره‌وری آب در تیمار ۷۵ درصد آبیاری بالاتر از سایر تیمارها بود (۱۷).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات نوع رقم و رژیم آبیاری بر صفات اندازه‌گیری‌شده در تاج‌خروس علوفه‌ای.

Table 4. Mean Comparison of cultivar type and irrigation regime effects on the evaluated traits in Amaranth.

عملکرد الیاف نامحلول Neutral Detergent Fiber yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد پروتئین Protein yield ($kg.ha^{-1}$)	بهره‌وری آب (خشک) Water Productivity (dry) ($kg.m^{-3}$)	بهره‌وری آب (تر) Water Productivity (fresh) ($kg.m^{-3}$)	وزن علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) Dired forge weigh ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک ساقه Dired stem weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن تر ساقه Fresh stem weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن کل علوفه تر Plant fresh weight ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تیمار treat
									رقم Variety
3180[a]	-	-	15.19[a]	5980[a]	3911[a]	33574 [a]	45798[a]	148.08[a]	Cim
2965[b]	-	-	13.79[b]	5506[b]	3645[b]	30879 [b]	42088[b]	140.58[b]	Loura
210.12	-	-	1.12	378.77	244.7	2121.6	2809.9	5.57	LSD
									آبیاری Irrigation
4489[a]	964.9[a]	1.73[c]	13.55[c]	8401[a]	5168[a]	46979[a]	66000[a]	169.0[a]	۱۰۰ درصد
4293[a]	899.32[b]	2.28[a]	17.10[a]	7840[b]	4899[a]	41414[b]	58310[b]	161.83[a]	۷۵ درصد
2508[b]	540.70[c]	1.95[b]	14.98[b]	4794[c]	3476[b]	27946[c]	36438[c]	139.5[b]	۵۰ درصد
1001[c]	433.10[d]	1.56[c]	12.33[c]	1937[d]	1568[c]	12567[d]	15025[d]	107.0[c]	۲۵ درصد
282.92	62.60	0.197	1.39	520.96	412.7	3219.2	3597.5	1262	LSD

میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means in a common letter are lacking in each group significant difference (LSD) test based on the level of five percent.

لیو و استوتزل (۲۰۰٤) با بررسی بهره‌وری آب ٤ ژنوتیپ تاج‌خروس علوفه‌ای گزارش کردند، تنش خشکی اثر معنی‌داری بر بهره‌وری آب ندارد و مقادیر بهره‌وری آب از ۹/۳–۲/۸ گرم بر لیتر متغیر بود (١٤). یکی از دلایل افزایش بهره‌وری آب در شرایط تنش خشکی می‌تواند به تطابق‌پذیری گیاه تاج‌خروس علوفه‌ای به تنش خشکی مرتبط باشد. ازجمله دلایل تطابق‌پذیری تاج‌خروس علوفه‌ای با تنش خشکی، افزایش عمق ریشه گزارش شده است (۱۱). هم‌چنین کاهش سطح مخصوص برگ و ضخیم شدن برگ نیز از راه‌های افزایش بهره‌وری آب در گیاه تاج‌خروس علوفه‌ای است، به‌طوری‌که تراکم کلروفیل و پروتئین در واحد سطح برگ افزایش یافته و ظرفیت فتوسنتزی بالاتری را نسبت به برگ‌های نازک‌تر ایجاد می‌کند (١٤). بررسی بهره‌وری آب برای گیاه ذرت در منطقه رشت نشان داد؛ تیمار بدون آبیاری (۱۰۰ درصد تخلیه رطوبتی) بیش‌ترین و تیمار آبیاری کامل کم‌ترین بهره‌وری آب را داشتند (۷). هم‌چنین در بررسی‌های مختلف گزارش شده است با کاهش آبیاری شاخص بهره‌وری آب بهبود می‌یابد (۷ و ۱۸).

عملکرد پروتئین در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد بالاترین مقادیر و در آبیاری ۲۵ درصد کم‌ترین مقادیر را داشتند (جدول ۵). بین دو رقم Cim و Loura ازنظر عملکرد پروتئین اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت مطابق با این نتایج در بررسی صفایی و همکاران (٢٠١٦) نیز اختلاف معنی‌داری بین ارقام تاج‌خروس علوفه‌ای از نظر پروتئین وجود نداشت (۲۲). در آزمایش حاضر بین رژیم‌های آبیاری ازنظر عملکرد پروتئین تفاوت آماری معنی‌دار وجود داشت و بیش‌ترین (٩٦٤/٩ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین (٤٣٣/١ کیلوگرم در هکتار) مقادیر به آبیاری کامل و ۲۵ درصد آبیاری تعلق یافت درحالی‌که در بررسی دیگر، میزان پروتئین خام علوفه تاج‌خروس تحت‌تأثیر رژیم آبیاری (۸۰، ۵۰ و ۲۰ درصد ظرفیت زراعی) قرار نگرفت (۲۱). طبق گزارش آسای و همکاران (۲۰۰۲) کاهش آب آبیاری باعث افزایش درصد پروتئین خام شده، بااین‌حال به‌دلیل این‌که عملکرد در شرایط آبیاری نرمال بالاتر است، عملکرد پروتئین خام در هکتار کاهش خواهد یافت (۵). در آزمایش حاضر نیز بیش‌ترین و کم‌ترین میزان علوفه از آبیاری ۱۰۰ و ۲۵ حاصل شد بنابراین بالا بودن عملکرد پروتئین در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری دور از انتظار نبود. طبق نتایج همبستگی (جدول ٦) نیز رابطه قوی، مثبت و معنی‌داری بین عملکرد پروتئین خام و عملکرد علوفه خشک و تر وجود داشت.

میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی بسته به رقم و تیمار آبیاری متفاوت بود به‌طوری‌که برای رقم Cim بیش‌ترین مقدار الیاف نامحلول به تیمار آبیاری ۵۰ درصد و کم‌ترین مقادیر به آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد تعلق یافت درحالی‌که برای رقم Loura بیش‌ترین مقادیر برای تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری و کم‌ترین آن در تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد آبیاری مشاهده شد (جدول ٦). در بررسی صفایی و همکاران (٢٠١٦) نیز مقادیر ماده آلی بین دو رقم Loura و Cim مشابه بود (۲۲).

برای رقم Cim میزان چربی خام در همه تیمارهای آبیاری مشابه بود و اختلافی بین تیمارها وجود نداشت درحالی‌که برای رقم Loura درصد چربی خام برای دو تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری بیش‌تر از ۵۰ و ۲۵ درصد آبیاری بود. در این بررسی بیش‌ترین مقدار چربی برای رقم Cim برابر با ۱/۱۳ و برای رقم Loura برابر با ١/٢٦ بود بالاتر بودن میزان چربی در رقم Loura در بررسی صفایی و همکاران (٢٠١٦) نیز گزارش شده بود (۲۲).

رقم Cim بیش‌ترین مقادیر لیگنین در دو تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری داشت درحالی‌که برای رقم Loura بیش‌ترین مقدار لیگنین در تیمار آبیاری ۷۵ درصد حاصل شد (جدول ٦). در رقم Loura بیش‌ترین میزان لیگنین در تیمار ۷۵ درصد آبیاری و برابر با ٤/٤٦ درصد و کم‌ترین آن در تیمار ۵۰ درصد آبیاری به‌میزان ۳/٤ درصد بود (جدول ۵). در بررسی دیگر نیز میزان لیگنین

برای دو رقم Cim و Loura در یک سطح آماری قرار گرفتند و تفاوتی بین آن‌ها وجود نداشت (۲۲).

رقم Cim بیش‌ترین مقادیر فسفر را در دو تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری داشت درحالی‌که میزان فسفر در رقم Loura در همه تیمارهای آبیاری ازنظر آماری مشابه بود و در یک سطح قرار گرفتند (جدول ۵). در یک آزمایش میزان فسفر برای دو رقم Cim و Loura در یک سطح آماری قرار گرفتند و تفاوتی بین آن‌ها وجود نداشت (۲۱) و برای رقم Cim بیش‌ترین میزان فسفر ۰/۳۵ و برای رقم Loura بیش‌ترین مقدار برابر با ۰/۲٤ بود (۲۲). برای رقم Cim مقدار کلسیم در همه تیمارهای آبیاری ازنظر آماری مشابه بود و در یک سطح قرار داشت درحالی‌که رقم Loura تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری بیش‌ترین (به‌طور مشترک ۱/٥٦ درصد) و تیمار ۲۵ درصد آبیاری کم‌ترین (۱/٤۰ درصد) میزان کلسیم را داشتند (جدول ٦). در بررسی دیگری نیز میزان کلسیم ارقام Cim و Loura (به‌ترتیب ۱/۱۹ و ۱/۱۷) در یک سطح آماری قرار گرفتند و تفاوتی بین آن‌ها وجود نداشت (۲۲).

در بررسی دیگر برای تاریخ کاشت ۱ تیر و تراکم ٦٦۰۰۰ بوته در هکتار، میزان پروتئین دانه در گیاهان ذرت، سورگوم و تاج‌خروس به‌ترتیب ۷/٤۸، ۸/۲۳ و ۱۲/۰٥ درصد بود (۱٦). میزان کلسیم در گیاهان ذرت، سورگوم و تاج‌خروس به‌ترتیب ۰/۸۱، ۰/۹۱ و ۳ درصد بود. میزان پروتئین خام علوفه در گیاهان ذرت، سورگوم و تاج‌خروس به‌ترتیب ۱/٤۳، ۱/۱٥ و ۱/۳٦ درصد بود. عملکرد علوفه خشک در گیاهان ذرت، سورگوم و تاج‌خروس به‌ترتیب ۳۰۷۳، ۱٤۳۰ و ٦۰۷۹ گرم در مترمربع بود (۱۸).

طبق نتایج همبستگی (جدول ۷) بین عملکرد علوفه و صفات کیفی پروتئین، کلسیم، فسفر، چربی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی رابطه معنی‌داری وجود نداشت. عدم وجود همبستگی بین صفات زراعی و ویژگی‌های کیفی علوفه نشان‌دهنده این است که صفات زراعی علوفه بیش‌تر تحت‌تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی قرار می‌گیرد درحالی‌که صفات کیفی علوفه بیش‌تر به ویژگی‌های ژنتیکی ارقام مرتبط است.

جدول ۵- اثرات متقابل (برش‌دهی فیزیکی) رقم و رژیم آبیاری بر صفات اندازه‌گیری‌شده در تاج‌خروس علوفه‌ای.

Table 5. Cultivar and irrigation regimeinteractions effects (Physical slicing) on the evaluated traits in Amaranth on studied traits.

رقم Variety	آبیاری (درصد) Irrigation (%)	قطرساقه Stem diameter (mm)	وزن تر برگ Fresh leave weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک برگ Dired leave weight ($kg.ha^{-1}$)	الیاف نامحلول خنثی (NDF) Neutral Detergent Fiber	نسبت برگ به ساقه leaf/stem Ratio (%)	چربی خام Crude fat	لیگنین Lignin (%)	کلسیم Calcium (%)	فسفر Phosphoros (%)
Cim	100	21.0^{a}	20269^{a}	3446^{a}	51.33^{c}	0.667^{a}	1.13^{a}	4.0^{b}	0.810^{a}	0.383^{b}
	75	18.0^{b}	17917^{b}	3225^{b}	53.00^{bc}	0.633^{a}	1.10^{a}	5.10^{a}	0.850^{a}	0.453^{a}
	50	16.66^{b}	8104^{c}	1216^{c}	56.66^{a}	0.300^{b}	1.2^{a}	5.02^{a}	1.27^{a}	0.476^{a}
	25	12.0^{c}	2607^{d}	391^{d}	53.34^{b}	0.233^{b}	1.09^{a}	3.40^{c}	1.19^{a}	0.306^{c}
	LSD	2.30	808.65	137.12	1.80	0.094	0.26	0.192	0.503	0.031
Loura	100	24.33^{a}	17773^{a}	3022^{a}	55.66^{a}	0.567^{a}	1.26^{a}	4.10^{b}	1.566^{a}	0.330^{a}
	75	22.66^{b}	15876^{a}	2658^{a}	56.66^{a}	0.567^{a}	1.23^{a}	4.46^{a}	1.566^{a}	0.303^{a}
	50	17.66^{c}	8879^{b}	1420^{b}	47.60^{b}	0.433^{b}	0.833^{b}	3.40^{c}	1.500^{b}	0.303^{a}
	25	12.66^{d}	2311^{c}	346.7^{c}	50.00^{b}	0.200^{c}	0.833^{b}	4.10^{b}	1.400^{c}	0.333^{a}
	LSD	1.52	2460	593.43	2.69	0.110	0.152	0.331	0.066	0.067

میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means in a common letter are lacking in each group significant difference (LSD) test based on the level of five percent.

جدول ٦– همبستگی صفات مهم کمی و کیفی تاج خروس علوفه‌ای تحت‌تأثیر رقم و آبیاری.

Table 6. Correlation between qualitative and quantitative traits of cultivars and irrigation.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1	1										
X2	0.99^{**}	1									
X3	0.89^{**}	0.87^{**}	1								
X4	0.99^{**}	0.98^{**}	0.87^{**}	1							
X5	0.48^{ns}	0.53^{ns}	0.27^{ns}	0.53^{ns}	1						
X6	0.96^{**}	0.93^{**}	0.86^{**}	0.96^{**}	0.41^{ns}	1					
X7	0.36^{ns}	0.42^{ns}	0.39^{ns}	0.33^{ns}	0.30^{ns}	0.37^{ns}	1				
X8	0.64^{ns}	0.67^{ns}	0.61^{ns}	0.60^{ns}	0.28^{ns}	0.66^{ns}	0.90^{**}	1			
X9	0.43^{ns}	0.48^{ns}	0.20^{ns}	0.44^{ns}	0.73^{*}	0.33^{ns}	0.56^{ns}	0.44^{ns}	1		
X10	-0.30^{ns}	-0.30^{ns}	0.14^{ns}	-0.31^{ns}	-0.31^{ns}	-0.29^{ns}	0.05^{ns}	-0.13^{ns}	-0.32^{ns}	1	
X11	0.30^{ns}	0.37^{ns}	-0.03^{ns}	0.31^{ns}	0.15^{ns}	0.55^{ns}	0.14^{ns}	0.29^{ns}	0.27^{ns}	0.81^{*}	1

X1: عملکرد علوفه تر، X2: ارتفاع بوته، X3: قطرساقه، X4: وزن علوفه خشک کل، X5: بهره‌وری آب، X6: پروتئین، X7: الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، X8: چربی خام، X9: لیگنین، X10: کلسیم، X11: فسفر.

X1: Plant fresh weight, X2:Plant height, X3:Stem diameter, X4:Dired forge weight, X5:Water use efficience, X6:Protein yield, X7:Neutral Detergent Fiber, X8: Crude fat, X9: Lignin, X10: Calcium, X11: Phosphoros.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد عملکرد ماده خشک در رقم Cim (٦ تن در هکتار) بالاتر از رقم Loura (۵/۵ تن در هکتار) بود. هم‌چنین بیش‌ترین بهره‌وری آب بر اساس وزن تر و وزن خشک (به‌ترتیب برابر ۱۷/۱ و ۲/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار آبیاری ۷۵ درصد به‌دست آمد. در شرایط آبیاری نرمال ازنظر درصد فسفر، نسبت برگ به ساقه، وزن تر و خشک برگ رقم Cim برتر بود و از نظر میزان کلسیم، لیگنین، چربی، الیاف نامحلول و قطر ساقه رقم Loura بیش‌ترین مقادیر را داشت. با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت جهت کشت تاج‌خروس در شرایط آب و هوایی گرگان از رقم Cim استفاده شود. بیش‌ترین وزن تر و خشک علوفه در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد حاصل گردید. در تیمار آبیاری ۷۵ نیاز آبی، بهره‌وری آب نسبت به تیمار آبیاری کامل افزایش یافت (بر اساس وزن تر و خشک به‌ترتیب ۳/۵۵ و ۰/۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب). با میزان آب صرفه‌جویی در این تیمار می‌توان سطح زیرکشت را افزایش داد یا آب صرفه‌جویی‌شده را به سایر گیاهان اختصاص داد.

منابع

1.Abbasi, D., Rouzbehan, Y., and Rezaei, J. 2012. Effect of harvest date and nitrogen fertilization rate on the nutritive value of Amaranth forage (*Amarantus hypochondriacus*). Animal Feed Sci. Technol. 17: 1. 6-13.

2.Akparobi, S. 2009. Effect of farmyard manures on the growth and yield of Amaranthus cruentus. Agric. Trop. Et Subtrop. 2009. 4:2.1-4.

3.Alahbakhsh, E., Galavi, M., Mousavi Nick, S.M., and Mohkami, Z. 2019.Effects of irrigation regimes and fertilizers on qualitative and quantitative traits of Purslan (*Portolaca oleraceae*). J. Water Soil Cons. 26: 1. 247-253.

4.AOAC. 2005. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 123p.

5.Asay, K.H., Jensen, K.B., Waldron, B.L., Han, G., and Monaco, T.A. 2002. Forage quality of tall fescue across an irrigation gradient. Agron. J. 94: 3. 1337-1343.

6.Barba de la Rosa, A.P., Fomsgaard, I.S., Laursen, B., Mortensen, A.G., Olvera-Martínez, L., Silva-Sánchez, C., Mendoza-Herrera, A., González-Castañeda, J., and De León-Rodríguez, D. 2009. Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. J. Cereal Sci. 4: 9. 117-121.

7.Biglouei, M.H., Kafi Ghasemi, A., Javaherdashti, M., and Esfahani, M. 2013. Effect of irrigation regimes on yield and quality of forage Maize (KSC 704) in Rasht region in Iran. Iran. J. Crop Sci. 15: 3. 196-206. (In Persian)

8.Chivenge, P., Mabhaudhi, T., Modi, A.T., and Mafongoya, P. 2015. The Potential Role of Neglected and Underutilised Crop Species as Future Crops under Water Scarce Conditions in Sub-Saharan Africa. Inter. J. Environ. Res. Pub. Health. 12: 6. 5685-5711. ISSN 1660-4601.

9.Ejieji, C.J., and Adeniran, K.A. 2010. Effects of water and fertilizer stress on the yield, fresh and dry matter production of grain Amaranth (*Amaranthus cruentus*). Austr. J. Agric. Engin. 1: 1. 18-24.

10.Feyzbakhsh, M.T., Mokhtarpour, H., Jafar Node,S., and Sheikh, F. 2018. Study the effects of plant density on forage yield and morphological traits of three forage Amaranth cultivars in Gorgan climate conditions. J. Crop Prod. Res. 10: 3. 327-343. (In Persian)

11.Johnson, B., and Henderson, T. 2002. Water use patterns of grain amaranth in the Northern Great Plains. Agron. J. 9: 4. 1437-1443.

12.Lavini, A., Pulvento, C., Dandria, R., Riccardi, M., and Jacobsen, S.E. 2016. Effects of saline irrigation on yield and qualitative characterization of seed of an Amaranth accession grown under Mediterranean conditions. J. Agric. Sci. 154: 5. 858-869.

13.Lithourgidis, A.S., Dahima, K.V., Vasilakoglou, I.B., and Yiakoulaki, M.D. 2007. Mixtures of Cereals and Commom Vetch for Forage Production and Their Competition with Weed. In: proceeding of 10 conference genetics and plant breeding society of Greek. Athens. Field Crops Research. 3: 2. 245-256.

14.Liu, F., and Stützel, H. 2004. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable Amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. Science Horticulture. 10: 2. 15-27.

15.Masariramb, M.T., Dlamini, Z., Manyatsi, A.M., Wahome, P.K., Oseni, T.O., and Shongwe1, V.D. 2012. Soil Water Requirements of Amaranth (*Amaranthus hybridus*) Grown in a Greenhouse in a Semi-Arid, Sub-Tropical Environment. Amer. - Eurasi. J. Agric. Environ. Sci. 12: 7. 932-936.

16.Mazloom Aliabadi, U., Vaezi, A.R., and and Nikbakht, J. 2019. Effect of straw mulch and tillage direction on temporal variation of soil moisture in Wheat rain-fed system. J. Water Soil Cons. 261: 1. 71-88. DOI:10.22069/jwsc. 2019. 15271. 3046.

17.Moshaver, E., Emam, Y., Madani, H., Nour Mohamadi, Gh., and Heidari Sharifabad, H. 2016. Comparison of Yield and Some Forage Qualitative Characteristics of Corn, Sorghum and

Amaranth in Response to Density and Sowing Date in Fars Province. J. Crop Ecophysiol. 10: 1. 103-120.

18. Ogunlela, A.O., and Sadiku, I.B.S. 2017. Yield and water use efficiency of Amaranthus cruentus grown under soil moisture sensor-based (sms-based) irrigation system. J. Res. Forest. Wildlife Environ. 9: 3. 47-58.
19. Oktem, A., Simsek, M., and Oktem, A.G. 2003. Deficit irrigation effects on Sweet Corn (*Zea mays saccharata Sturt*) with drip irrigation in a semi-arid region. I. Water yield relationship. Agric. Water Manage. 61: 1. 63-74.
20. Palada, M., and Chang, L. 2003. Suggested Cultural Practices for Vegetable Amaranth. The World Vegetable Centre (AVRDC), International Cooperators' Fact Sheet; Shanhua, Taiwan. 2: 4. 3-552.
21. Reta Alemayehu, F., Bendevis, M., and Jacobsen, S.E. 2014. The potential for utilizing the seed crop amaranth (*Amaranthus* spp.) in East Africa as an alternative crop to support food security and climate change mitigation. J. Agron. Crop Sci. 3: 2. 95-109.
22. Ribeiro, J., Petrus, P., and Sebastião, F. 2018. Amaranth grain production as affected by watering regimes and day length in southern Mozambique, South Afric. J. Plant Soil. 35: 23-32.
23. Safaei, A.M., Rezaei, M., and Rahnama, A.A. 2016. Compariing the quantitive characteristics and nutritional value of three varieties of Amaranth in farms located in Alborz Province; a Joint Case Stady. Appl. Anim. Sci. Res. J. 20: 1. 31-42.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(2), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17223.3268

Evaluation of quantitative, qualitative yield and water productivity of two forage Amarantuse cultivars under different irrigation regimes

M.T. Feyzbakhsh[1], *H. Mokhtarpour[1] and A.R. Kiani[2]

[1]Assistant Prof. of Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran,
[2]Professor of Agricultural Engineering Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and education Center (AREEO), Gorgan, Iran
Received: 10.08.2019; Accepted: 04.28.2020

Abstract

Background and Objectives: Amarantuse farming is a way to increase biodiversity. It has high photosynthetic efficiency and is resistant to drought conditions, so it is suitable for cultivation in arid regions and reducing irrigation costs. The desirable agronomic traits (high vegetative growth rate in hot months of the year, drought tolerance and water productivity) and its qualitative (high levels of protein in seed and forage) make this plant a valuable forage plant.

Materials and Methods: This experiment was conducted to investigate the quantitative and qualitative yield and water use of forage amarantuse in Golestan province. The experiment was conducted as split plot in a randomized complete block design with three replications. The amount of water consumed (including full irrigation, 75%, 50% and 25% of total irrigation) were in the main plots and the amarantuse varieties (including two cultivars Cim and Loura) were sub-plots.

Results: Analysis of variance showed that the simple effect of cultivar and the simple effect of irrigation on plant height, fresh forage weight, fresh and dry stem weight, total dry matter weight, water productivity (based on forage fresh weight yield), insoluble fiber yield were significant. The effect of irrigation on all studied traits was significant at 1% level and two traits of protein yield and water productivity (based on dry matter) were only affected by irrigation regime. Interaction effects of cultivar irrigation on leaf traits, fresh and dry weight of leaves, leaf to stem ratio, insoluble fiber (NDF), percentage of crude fat, lignin, calcium and phosphorus were significant. Results of mean comparison showed that dry matter yield in Cim (6 ton/ha^{-1}) was higher than Loura (5.5 ton/ha^{-1}). The highest water productivity based on fresh and dry weight was 17.1 and 2.2 kg/m^{-3}, respectively, with 75% of total irrigation. The highest protein yield was obtained in the complete irrigation treatment and by reducing the amount of irrigation by 25%, the total amount of protein decreased. The highest and the lowest protein content in irrigation treatments were 947 and 433 kg ha^{-1}, respectively.

Conclusion: According to the results of this study, Cim was superior to Loura for most of the agronomic and qualitative traits of forage, so that in terms of leaf and stem weight, leaf to stem ratio, phosphorus and especially water productivity. Repeating these results in similar experiments and considering the results, it is advisable to obtain high quality forage Cim in Gorgan climate conditions and to save water (increase productivity), Irrigation can be adjusted to 75% of the water requirement.

Keywords: Leaf to stem ratio, Phosphore, Plant height, Protein, Stem diameter

* Corresponding Author; Email: mokhtarpour2009@yahoo.com