



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"

دوره ششم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۸

<http://arpe.gonbad.ac.ir>

## خصوصیات علوفه‌ای ارقام مختلف تاج خروس (*Amaranthus spp.*) در پاسخ به رژیم‌های مختلف

### آبیاری

مجید قنبری<sup>۱\*</sup>، مهدی نصرآبادی<sup>۲</sup>، کامران منصور قناعی پاشاکی<sup>۳</sup>، پرینان طالبی سیه‌سران<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

<sup>۲</sup>دانشجوی دکترا، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

<sup>۳</sup>دانشجوی دکترا، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

<sup>۴</sup>دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۸

### چکیده

**مقدمه:** افزایش جمعیت انسان، بحث امنیت غذایی و تأمین تقاضای روزافزون فرآورده‌های دامی برای این جمعیت در حال افزایش، مبحث بسیار مهمی در کل کشورها می‌باشد. تغذیه نشخوارکنندگان تا آنجا که امکان دارد باید با استفاده از مواد خشبی و خوراک‌هایی انجام شود که غذای مستقیم انسان نباشد. مشکلات موجود در تأمین خوراک دام از عوامل اصلی محدودکننده تولید در بخش دامپروری محسوب شده و بخش عمده جیره نشخوارکنندگان را علوفه تشکیل می‌دهد. ایران کشوری خشک و نیمه‌خشک و کم‌باران است. محدودیت منابع خاک و شرایط اقلیمی موجود، فراهم آوردن علوفه مورد نیاز دام را با محدودیت مواجه کرده و تولید فرآورده‌های دامی را تحت‌تأثیر قرار داده است. به‌علاوه، فشار بر منابع طبیعی در حال افزایش است و پایداری سیستم‌های کشاورزی را تهدید می‌کند. از طرف دیگر، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی به‌علت افزایش مصرف خانگی و صنعتی با محدودیت بیشتری روبه‌رو شده است. بنابراین محصولات زراعی مورد توجه و امیدبخش برای آینده باید مصرف آب کمی داشته باشند. از راه‌کارهای مؤثر جهت افزایش بهره‌وری سیستم‌های زراعی و دامی، استفاده از گیاهان سازش‌پذیر با شرایط محیطی، کم‌توقع به نهاده و با ارزش غذایی بالا جهت مصرف دام می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های علوفه‌ای و عناصر معدنی ارقام مختلف تاج خروس در شرایط مزرعه‌ای تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی لاهیجان اجرا شد. تیمارها شامل؛ چهار سطح آبیاری، ۱۵ (شاهد)، ۳۰ (تنش ملایم)، ۴۵ (تنش متوسط) و ۶۰ (تنش شدید) درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک و شش رقم تاج خروس شامل؛ اولترا

\*نویسنده مسئول: [ghanbari\\_majid@yahoo.com](mailto:ghanbari_majid@yahoo.com)

و سیم (تاج خروس زراعی)، خارکوف و اولپیر (تاج خروس زینتی)، پلینسمن و اسلواکی (تاج خروس دورگ) بودند. سطوح تنش خشکی اعمال شده، مابین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم خاک منطقه تحت آزمایش جهت تعیین واکنش گیاه به سطوح متفاوت آب خاک تعیین گردید. جهت جلوگیری از نشت آب به سایر کرت‌ها از آبیاری به صورت قطره‌ای-نواری (T-tape) استفاده گردید. ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری در فشار ۰/۱ اتمسفر اندازه گیری شد. بعد از خشک کردن نمونه‌ها (کل بوته شامل ساقه، برگ و گل آذین) و آسیاب کردن آن‌ها، ویژگی‌های کیفی علوفه با استفاده از دستگاه طیف سنج مادون قرمز نزدیک (NIR) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری عناصر کلسیم، فسفر و پتاسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی انجام شد.

**نتایج:** نتایج آزمایش نشان داد که اثر اصلی رژیم آبیاری بر کلیه صفات به جز خاکستر و کلسیم و اثر اصلی ارقام بر کلیه صفات معنی‌دار بود. تحت شرایط تنش شدید عملکرد ماده خشک، پروتئین خام، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۲۱/۱۷، ۱۴/۶۰، ۲۳/۷۲ و ۱۵/۲۱ درصد نسبت به شاهد کاهش یافتند و مقادیر NDF، ADF و لیگنین به ترتیب ۱۵/۴۰، ۵/۲۴ و ۱۳/۰۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داشتند. ارقام زراعی تاج خروس دارای عملکرد ماده خشک، NDF، ADF و لیگنین بالاتری نسبت به ارقام تاج خروس زینتی و دورگ بودند. همچنین ارقام تاج خروس زینتی دارای مقادیر بالای پروتئین خام، خاکستر و عناصر معدنی کلسیم، فسفر و پتاسیم بودند. در این بین، ارقام تاج خروس دورگ دارای مقادیر بیشتر NDF و لیگنین بودند.

**نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی، ارقام تاج خروس زراعی و زینتی توانسته‌اند تحت شرایط مختلف تنش خشکی علوفه قابل قبولی را از لحاظ کمی و کیفی تولید نمایند، از این رو، می‌توان علوفه تاج خروس را جهت تولید مقرون به صرفه با خصوصیات کیفی مطلوب در ایران توصیه نمود.

**واژه‌های کلیدی:** الیاف نامحلول، تنش خشکی، تعلیف دام، لیگنین، ماده خشک

## مقدمه

از دیرباز گیاهان متعددی هم‌چون یونجه، ذرت، سورگوم و انواع شبدر برای تولید علوفه در کشور کشت شده‌اند، اما با وجود شرایط آب و هوایی کشور و برخی محدودیت‌های اقلیمی نظیر کم‌آبی از یک‌سو و نیازمندی‌های خاص هر یک از گیاهان مزبور از سوی دیگر، اندیشیدن به گیاهان جدید و جایگزین برای تولید علوفه در سیستم‌های کشاورزی کشور اجتناب‌ناپذیر است (Yarnia *et al.*, 2010). یکی از گیاهانی که جدیداً به‌عنوان خوراک دام در کشور مطرح شده است، شبه‌غله‌ای (Pseudo cereal) بنام تاج خروس (*Amaranthus sp.*) است که به‌دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای و سازگاری منحصر به‌فرد می‌تواند پتانسیل ورود به تناوب زراعی کشور را داشته و توانایی سازش با شرایط نامناسب و سازگاری با محدوده وسیع حرارتی و تابش به‌همراه مقاومت به تنش خشکی، استفاده از این گیاه را به‌عنوان یک محصول سبز مغذی در مناطق معتدل تا نیمه خشک کشور را ممکن ساخته است (Moshaver *et al.*, 2016).

جنس تاج خروس متعلق به خانوادهٔ Amaranthaceae است، که شامل گیاهانی پرهاقت، علف‌هرز، علفی، سریع‌الرشد و شبه‌غله بوده و شامل ۶۰ گونهٔ گیاهی است که تعداد معدودی از انواع آن به‌صورت زراعی بوده و بیشتر گونه‌های آن به‌عنوان علف‌هرز و تزئینی مطرح بوده و اکثر آن‌ها وحشی هستند (Ansari-Ardali and Aghaalikhani, 2015). بررسی‌ها نشان داده که کیفیت تغذیه‌ای تاج خروس از غلات و محصولات علوفه‌ای معمول

بیشتر است؛ لذا آگاهی از مواد غذایی موجود در گیاهان که در دسترس حیوانات چراکننده قرار می‌گیرند، کمک مؤثری در استفاده به‌موقع از آن‌ها، پیش‌بینی کمبودهای مواد غذایی و همچنین ارزیابی احتیاجات مکمل تغذیه‌ای خواهد بود (Gimplinger *et al.*, 2007). کیفیت علوفه بیان‌گر ارزش غذایی و مقدار انرژی است؛ که در دسترس دام قرار گرفته و هرچه علوفه مصرفی خوش‌خوراک‌تر و کیفیت آن بهتر باشد، میزان مصرف آن توسط دام افزایش می‌یابد؛ از این رو با در نظر گرفتن پارامترهای کیفی علوفه تاج‌خروس، این گیاه در ردیف علوفه‌ای با کیفیت خوب تا عالی قرار می‌گیرد (Sleug *et al.*, 2007). مطابق آمار جهانی تاج‌خروس توان تولید ۷۰ تن در هکتار علوفه سبز و ۹/۵ تن در هکتار علوفه خشک را داراست (Svirskis, 2003). میزان تولید علوفه سبز آن در ایران ۸۵ تن در هکتار و علوفه خشک آن ۱۶/۷ تن در هکتار است (Abbasi *et al.*, 2012). تاج‌خروس در ایران در استان‌های فارس، گیلان، مازندران و گلستان به‌طور محدود کشت می‌شود (Agricultural Jihad Ministry, 2018). به‌طور کلی ارقام مختلف تاج‌خروس در تمامی دنیا گسترش یافته، به‌طوری که شاخ و برگ آن برای تولید علوفه سبز و سیلویی؛ همچنین از دانه آن برای به‌دست آوردن آرد و کنسانتره‌های پروتئینه و ویتامینه استفاده می‌شود (Dahiru, 2016).

در حال حاضر، سه گونه تاج‌خروس زراعی، زینتی و دورگ به‌عنوان گیاه علوفه‌ای و همچنین جهت تولید بذر در بسیاری از مناطق دنیا کشت می‌شوند. هزاران سال پیش در آمریکای مرکزی علوفه حاصل از گونه‌های تاج‌خروس به‌عنوان یک منبع غذایی برای دام و همچنین بذر حاصل از آن‌ها به‌عنوان غله مورد استفاده قرار می‌گرفت (Henderson *et al.*, 2000). شاخ و برگ تاج‌خروس حاوی مقادیر زیادی پروتئین، ویتامین و عناصر معدنی، فیبر و چربی غیراشباع است؛ از این رو به‌عنوان یک گیاه امیدبخش و پیشگام برای کشت در نواحی گرم و خشک تا معتدله توصیه می‌گردد (Reta Alemayehu *et al.*, 2014). بسیاری از مطالعات نشان داده است که ارزش غذایی علوفه ارقام مختلف تاج‌خروس به‌عنوان خوراک نشخوارکنندگان در حد علوفه‌های رایج مانند یونجه یا بهتر از آن است (Rezaei *et al.*, 2009).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و بقاء گیاهان در کلیه مناطق جهان است. یکی از موضوعات بزرگ و مهم در برنامه‌های اصلاح گیاهان، بهبود و افزایش مقاومت ژنوتیپ‌ها به خشکی است (Kirigwi *et al.*, 2004). محققین گزارش دادند که خشکی مهم‌ترین فاکتور کنترل‌کننده عملکرد محصولات است که تقریباً روی کلیه فرآیندهای گیاه تأثیرگذار است (Siddique *et al.*, 2000). پژوهش‌گران در بررسی عملکرد کمی و کیفی چهار رقم تاج‌خروس اولترا، خارکوف، خارکفسکی و بینام اعلام کردند که رقم اولترا با بیشترین عملکرد علوفه و همچنین بیشترین عملکرد انرژی، پروتئین و عناصر معدنی به‌عنوان تیمار برتر است (Ehsani *et al.*, 2010).

همچنین؛ محققین در بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر محتوای کلروفیل، کمیت و کیفیت علوفه تاج‌خروس تحت تنش کم آبیاری دریافتند که افزایش فواصل آبیاری، به‌ویژه آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده، منجر به کاهش کلروفیل (۳۷ درصد)، عملکرد خشک علوفه (۴۰ درصد)، ماده خشک قابل هضم (۱۸ درصد)، پروتئین (۱۷ درصد) و خاکستر (۱۶ درصد) شد، در حالی که باعث افزایش الیاف شوینده در محلول خنثی (۱۶ درصد) و اسیدی (۷ درصد) نسبت به تیمار آبیاری شاهد شد (Karami *et al.*, 2018). در بررسی تأثیر

رقابت خلر (*Lathyrus sativus L.*) و تاج خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus L.*) تحت شرایط تنش کم‌آبی گزارش شد که با افزایش شدت تنش خشکی از ۱۰۰ به ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب تحت شرایط گلدانی، ماده خشک تولید شده کشت خالص هر دو گیاه با بیش از ۹۵ درصد کاهش همراه بود (Babaei- Zarech *et al.*, 2015). همچنین، در بررسی رقابت درون و برون گونه‌ای تاج خروس سفید (*Amaranthus albus L.*)، تاج خروس وحشی و خلر تحت تنش خشکی گزارش شد که با کاهش محتوای آب خاک از ۸۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، ماده خشک تولید شده توسط خلر، تاج خروس وحشی و تاج خروس سفید به ترتیب ۳۳، ۳۰ و ۱۲ درصد کاهش یافت (Samanipour *et al.*, 2018).

سایر پژوهش‌گران در ارزیابی ترکیب شیمیایی، گوارش‌پذیری و کیفیت پروتئین علوفه تاج خروس در دو مرحله برداشت بیان نمودند که که با توجه به غیر معنی‌دار بودن اثر ارقام، تاریخ برداشت و برهمکنش بین این دو، میانگین خاکستر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، لیگنین، کلسیم، فسفر، منیزیم و پتاسیم به ترتیب؛ ۱۵/۴۴، ۴۰/۸۵، ۲۷/۹۰، ۵/۰۶، ۱/۵۵، ۰/۲۵، ۰/۲۸ و ۱/۴۸ درصد در ماده خشک بود (Ehsani *et al.*, 2016). از آنجایی که بخش عمده‌ای از شرایط اقلیمی کشور گرم و خشک بوده و با توجه به نیاز روزافزون تولیدکنندگان کشور به علوفه، کشت و کار تاج خروس می‌تواند در پیشبرد اهداف زراعی کشور و قطع وابستگی به سایر کشورها جهت تأمین نیاز علوفه‌ای کمک شایانی نماید، در این راستا، آزمایشی جهت بررسی خصوصیات علوفه‌ای ارقام مختلف تاج خروس زراعی، زینتی و دورگ تحت شرایط کمبود آب در شرایط مزرعه‌ای انجام شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد ماده خشک، عناصر معدنی و تغییرات خصوصیات علوفه‌ای ارقام مختلف تاج خروس (*Amaranthus spp.*)، پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی جهادکشاورزی لاهیجان با موقعیت عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۹۰ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا اجرا شد.

تیمارها شامل؛ چهار سطح آبیاری، ۱۵ (شاهد)، ۳۰ (تنش ملایم)، ۴۵ (تنش متوسط) و ۶۰ (تنش شدید) درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک و شش رقم تاج خروس شامل؛ اولترا (*Amaranthus hypochondriacus L. cv. Ultra*) و سیم (*Amaranthus hypochondriacus L. cv. Cim*) (تاج خروس زراعی)، خارکوف (*Amaranthus cruentus L. cv. Kharkof*) و اولپیر (*Amaranthus cruentus L. cv. Olpir*) (تاج خروس زینتی)، پلینسمن (*Amaranthus hybridus L. cv. Plainsman*) و اسلواکی (*Amaranthus hybridus L. cv. Slovakia*) (تاج خروس دورگ) بودند. سطوح تنش خشکی اعمال شده، مابین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم خاک منطقه تحت آزمایش برای تعیین واکنش گیاه به سطوح متفاوت آب خاک تعیین گردید (Mokhtassi-Bidgoli *et al.*, 2013). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه (از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical properties of the studied soil (0-30 cm)

هدایت الکتریکی	اسیدیته	نقطه پژمردگی دائم	ظرفیت زراعی	بافت خاک
EC (dS/m)	pH	PWP (% by volume)	FC (% by volume)	Texture
1.19	7.6	8.24	12.78	Clay-loam

ادامه جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه (از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical properties of the studied soil (0-30 cm)

ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	گوگرد
O.M (%)	T.N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	S (mg/kg)
1.9	0.17	60.7	256	61.5

ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری در فشار ۰/۱ اتمسفر اندازه‌گیری شد. مقادیر کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک مشخص و عناصر فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت و نیتروژن از منبع اوره طی سه تقسیم در طول دوره رشد به خاک اضافه شد. طول هر کرت آزمایشی شش متر و عرض سه متر بود. فاصله هر خط کاشت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها و بین تکرارها به ترتیب سه متر و ۳/۵ متر در نظر گرفته شد. جهت جلوگیری از نشت آب به سایر کرت‌ها از آبیاری به صورت قطره‌ای-نواری (T-tape) استفاده گردید. تیپ‌های آبیاری روی ردیف‌های کاشت قرار گرفت و فقط به اندازه نیاز گیاه براساس تیمارهای آبیاری آب وارد مزرعه شد. زمان‌بندی آبیاری براساس درصد تخلیه رطوبت خاک در ظرفیت زراعی در منطقه ریشه و عمق مدیریت آبیاری برای تاج‌خروس حدود ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که با استفاده از روابط یک و دو محاسبه گردید؛

همچنین، جهت کشت، تراکم ۷۵ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. مقدار آب خاک ابتدا به روش وزنی و سپس با استفاده از دستگاه TDR<sup>۱</sup> مدل (Trime- IMKO- GmbH, D-76275, Germany) (FM) در عمق ذکر شده تعیین گردید. برای تعیین رابطه بین مقدار عددی ارائه شده توسط TDR و درصد حجمی رطوبت خاک اندازه‌گیری شده به روش وزنی از منحنی کالیبراسیون استفاده شد. برای استفاده از TDR، در مرکز هر واحد آزمایشی یک لوله دسترسی<sup>۲</sup> از جنس PVC تعبیه شد؛ همچنین، برای تعیین مقدار آب آبیاری از لوله‌های مجهز به کنتور استفاده گردید. با استفاده از داده‌های به دست آمده و رابطه یک درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک در منطقه مؤثر ریشه ارزیابی شد:

$$\text{رابطه ۱} \quad \theta = \frac{(FC - PWP)}{(FC - \theta)} = \text{حداکثر تخلیه مجاز (MAD}^3) \quad (1)$$

در این فرمول FC و PWP به ترتیب رطوبت خاک در محدوده ظرفیت زراعی<sup>۴</sup> و نقطه پژمردگی دائم<sup>۱</sup> (جدول ۱) و  $\theta$  درصد حجمی رطوبت خاک قبل از آبیاری می‌باشد (Mokhtassi-Bidgoli et al., 2013).

- 1- Time-Domain Reflectometry
- 2- Access tube
- 3- Maximum allowable depletion
- 4- Field capacity (FC)

حداکثر تخلیه مجاز، بیشترین مقدار آبی است که در صورت خروج از خاک، میزان رطوبت حجمی آب خاک از نقطه پژمردگی دائم عبور کرده و گیاه از بین می‌رود.  $\theta$  بر اساس تیمارهای آبیاری تنظیم شده و مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری از رابطه دو محاسبه گردید:

$$Vd = MAD \times ASW \times Rz \times 10 \quad \text{رابطه ۲}$$

در این فرمول  $Vd$  حجم آب آبیاری (میلی‌متر)،  $ASW$  آب قابل دسترس خاک برابر با  $117/6$  میلی‌متر در هر متر عمق خاک و  $Rz$  عمق مؤثر ریشه برابر با  $0/3$  متر می‌باشند. آب قابل دسترس خاک عبارت از مقدار آب موجود در ناحیه ریشه بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است (Mokhtassi-Bidgoli *et al.*, 2013). مقدار آب استفاده شده برای آبیاری همه تیمارها در مرحله رشد رویشی پس از استقرار گیاه یکسان و بعد از دوره زایشی ( $50$  درصد گلدهی) متفاوت بود. بذور تاج‌خروس مورد استفاده در این آزمایش از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. برداشت نهایی از سه ردیف وسط هر کرت با حذف نیم متر اثرات حاشیه‌ای از دو طرف کرت در مرحله خمیری از سطحی به مساحت یک مترمربع انجام شد. صفات کیفی علوفه تاج‌خروس بعد از خشک کردن نمونه‌ها و آسیاب کردن آن‌ها، با استفاده از دستگاه طیف سنج مادون قرمز نزدیک (NIR) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری عناصر کلسیم، فسفر و پتاسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Atomic Absorption Spectrometer GBC 932plus AB) صورت گرفت.

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه  $9/4$  (SAS, 2015) تجزیه شد. قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، تست نرمالیتی انجام گرفته و پس از اطمینان از توزیع نرمال باقیمانده‌ها، تجزیه واریانس از طریق مدل خطی عمومی (GLM) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد استفاده شد. در مواقعی که اثر متقابل دوگانه معنی‌دار شد، برای تفسیر بهتر نتایج و برای جلوگیری از مقایسه میانگین‌های طولانی و پیچیده، برش‌دهی فیزیکی برای ارقام تاج‌خروس و رژیم‌های مختلف آبیاری انجام شد.

## نتایج و بحث

**عملکرد ماده خشک:** نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد ماده خشک تحت تأثیر رژیم آبیاری و ارقام تاج‌خروس در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین عملکرد ماده خشک در شاهد ( $9/16$  تن در هکتار) مشاهده گردید و کم‌ترین عملکرد ماده خشک در تنش شدید ( $7/22$  تن در هکتار) دیده شد که  $21/17$  درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و تنش شدید و ملایم با تنش متوسط تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۳ و ۴). همچنین، از نظر ارقام تاج‌خروس، بیشترین عملکرد ماده خشک در رقم اولترا ( $12/45$  تن در هکتار) مشاهده شد که  $51/64$  درصد نسبت به رقم خارکوف افزایش

- 1- Permanent wilting point (PWP)
- 2- Available Soil Water

نشان داد. همچنین، کمترین عملکرد ماده خشک در رقم خارکوف (۶/۰۲ تن در هکتار) وجود داشت که با ارقام اولپیر و اسلواکی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات علوفه‌ای ارقام مختلف تاج‌خروس  
Table 2- Analysis of variance (MS) of effect of different irrigation regimes on forage characteristics of Amaranth different cultivars

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	عملکرد ماده خشک Dry matter yield	پروتئین خام CP	NDF	ADF
بلوک Block	2	19.30**	12.76**	33.10**	5.16 <sup>ns</sup>
رژیم آبیاری Irrigation regimes (I)	3	12.83**	11.76**	137.79**	9.21 *
رقم Cultivars (C)	5	75.75**	141.72**	363.37**	92.49**
رژیم × رقم I × C	15	0.04 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>
خطا Error	46	1.78	1.81	3.86	2.56
ضریب تغییرات CV (%)		16.25	11.28	4.37	4.90

ns, \* و \*\*: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.  
ns, \* and \*\*: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

محققین در مطالعه روی دو گونه تاج‌خروس زینتی و زراعی گزارش کردند که میزان تولید ماده خشک گیاه در ۸ هفتهگی ۲/۳ تن در هکتار بوده و با افزایش طول دوره رشد گیاه در هر برداشت افزایش نشان داده و در ۱۴ و ۱۶ هفتهگی به ترتیب به ۱۰/۱ و ۱۰/۹ تن در هکتار رسید (Stordahl *et al.*, 1999). دلیل افزایش ماده خشک در رقم اولترا را می‌توان به طولانی بودن طول دوره رشد از کاشت تا گلدهی نسبت داد که با عملکرد ماده خشک رابطه مستقیم داشته و با طولانی شدن این زمان گیاه از دما و تشعشع بیشتری بهره برده و با افزایش آسیمیلاسیون، ذخیره مواد غذایی خود را افزایش داده و از این طریق با رشد رویشی مطلوب در تولید اندام‌های هوایی تأثیرگذار است و با نتایج آزمایش ما مطابقت دارد (Rahnama *et al.*, 2018). در این بین، برخی محققین نیز گزارش کردند ژنتیک، عوامل محیطی، فاکتورهای زراعی و اثرات متقابل بین آن‌ها از عوامل مهم در تولید عملکرد ماده خشک بالا به شمار می‌آیند (Bernnan, 2001). دلیل کاهش عملکرد ماده خشک طی کاهش پتانسیل آب را می‌توان به کاهش تعداد یا تقسیم سلولی و کاهش رشد سلول نسبت داد (VaeziRad *et al.*, 2008). تنش در مرحله رویشی، از طریق کاهش در سطح برگ و فتوسنتز به طور غیرمستقیم بر کاهش تعداد بذر و عملکرد ماده خشک مؤثر است، اما تنش در مرحله پر شدن دانه با کاهش طول دوره پر شدن دانه و اختلال در انتقال مواد به دانه از طریق اثر بر وزن دانه به‌عنوان جزء دیگر عملکرد موجب کاهش عملکرد ماده خشک گیاه می‌گردد (Alizadeh and Nadian., 2010). برخی محققین نیز گزارش کردند که درصد ماده خشک ساقه

خصوصیات علوفه‌ای ارقام مختلف تاج خروس (*Amaranthus spp.*) در ...

تاج خروس کم‌تر از درصد ماده خشک برگ بوده و کاهش نسبت برگ به ساقه تحت تنش خشکی موجب کاهش عملکرد علوفه خشک می‌گردد که با یافته‌های این آزمایش مطابقت دارد (Rahnama *et al.*, 2018).

جدول ۳- درصد تغییرات اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد ماده خشک و خصوصیات علوفه‌ای

Table 3- Percentage of changes in the effects of different irrigation regimes on dry matter yield and forage characteristics

نسبت به Relative to	رژیم آبیاری Irrigation Regimes	صفات اندازه‌گیری شده Measured traits	
تنش شدید نسبت به شاهد	۲۱/۱۷ درصد کاهش	Dry matter yield	عملکرد ماده خشک
شاهد نسبت به تنش شدید	۱۴/۶۰ درصد کاهش	CP	پروتئین خام
تنش شدید نسبت به شاهد	۱۵/۴۰ درصد افزایش	NDF	
تنش شدید نسبت به شاهد	۵/۲۴ درصد افزایش	ADF	
تنش شدید نسبت به شاهد	۱۳/۰۳ درصد افزایش	Lignin	لیگنین
-	-	Ash	خاکستر
-	-	Ca	کلسیم
تنش شدید نسبت به شاهد	۲۳/۷۲ درصد کاهش	P	فسفر
تنش شدید نسبت به شاهد	۱۵/۲۱ درصد کاهش	K	پتاسیم

ادامه جدول ۳- درصد تغییرات اثرات ارقام مختلف تاج خروس بر عملکرد ماده خشک و خصوصیات علوفه‌ای

Table 3- Percentage of changes in the effects of different cultivars of Amaranth on dry matter yield and forage characteristics

نسبت به Relative to	ارقام تاج خروس Amaranth Cultivars	صفات اندازه‌گیری شده Measured traits	
اولترا نسبت به خارکوف	۵۱/۶۴ درصد افزایش	Dry matter yield	عملکرد ماده خشک
خارکوف نسبت به اولترا	۵۶/۸۹ درصد افزایش	CP	پروتئین خام
سیم نسبت به خارکوف	۲۴/۶۸ درصد افزایش	NDF	
اولترا نسبت به خارکوف	۱۹/۱۱ درصد افزایش	ADF	
اولترا نسبت به خارکوف	۵۴/۸۴ درصد افزایش	Lignin	لیگنین
خارکوف نسبت به اولترا	۲۲/۷۴ درصد افزایش	Ash	خاکستر
اولپیر نسبت به اولترا	۳۹/۷۷ درصد افزایش	Ca	کلسیم
خارکوف نسبت به پلینسمن	۱۵/۷۸ درصد افزایش	P	فسفر
خارکوف نسبت به اولترا	۱۹/۹۵ درصد افزایش	K	پتاسیم

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات رژیم آبیاری و ارقام مختلف تاج خروس در صفات مورد بررسی

Table 4- Comparison of the average effect of different irrigation regimes and different Amaranth cultivars in traits

ADF	NDF	پروتئین خام	عملکرد ماده خشک	تیمار	
ADF (%)	NDF (%)	CP (%)	Dry matter yield (ton/ha)	Treatment	
31.87±0.84b	41.54±1.42d	12.87±1.00a	9.16±0.82a	Control	شاهد
32.33±0.62b	43.99±1.26c	12.23±0.76ab	8.62±0.55ab	Mild Stress	تنش ملایم
32.80±0.62ab	46.18±1.22b	11.63±0.74bc	7.90±0.56bc	Moderate Stress	تنش متوسط
33.54±0.67a	47.94±1.27a	10.99±0.72c	7.22±0.56c	Sever Stress	تنش شدید
1.07	1.31	0.90	0.89	LSD	
36.16±0.31a	49.16±0.96a	7.03±0.31e	12.45±0.39a	Ultra	اولترا
34.64±0.53b	49.62±1.02a	9.04±0.34d	9.79±0.45b	Cim	سیم
29.25±0.29d	37.37±0.84c	16.31±0.45a	6.02±0.45d	Kharkof	خارکوف
32.11±0.62c	46.58±0.84b	13.63±0.54b	6.54±0.33d	Olpir	اولپیر
33.95±0.36b	48.20±0.92a	11.52±0.30c	8.20±0.56c	Plainsman	پلینسمن
29.69±0.49d	38.54±0.87c	14.04±0.54b	6.34±0.44d	Slovakia	اسلواکی
1.31	1.61	1.10	1.09	LSD	

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

**پروتئین خام:** پروتئین خام تحت تأثیر اثرات اصلی رژیم آبیاری و ارقام تاج خروس در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین پروتئین خام در شاهد (۱۲/۸۷ درصد) مشاهده گردید که با تیمار تنش ملایم تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین پروتئین خام در تنش شدید (۱۰/۹۹ درصد) دیده شد که ۱۴/۶۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و با تنش متوسط تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۳ و ۴). همچنین از نظر ارقام تاج خروس، بیشترین پروتئین خام در رقم خارکوف (۱۶/۳۱ درصد) مشاهده شد که ۵۶/۸۹ درصد نسبت به رقم اولترا افزایش نشان داد. همچنین، کم‌ترین پروتئین خام در رقم اولترا (۷/۰۳ درصد) وجود داشت (جدول‌های ۳ و ۴).

محققین در بررسی میزان پروتئین خام تاج خروس زراعی گزارش دادند که در ۲۵ روزگی ۲۹/۵ درصد و در ۴۰ روزگی ۲۲/۷ درصد است (Slough *et al.*, 2001). گزارش‌ها نشان داد با توجه به طبقه‌بندی گونه‌های مرتعی از لحاظ مقادیر شاخص‌های کیفیت علوفه، گونه زراعی و زینتی تاج خروس از نظر درصد پروتئین خام در درجه کیفی خیلی مطلوب و از نظر ماده خشک قابل هضم در درجه کیفی مطلوب قرار دارد (Arzani *et al.*, 2013). دلیل افزایش میزان پروتئین خام در رقم خارکوف را می‌توان به افزایش دما در زمان گل‌دهی و بعد از آن و کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی، رشد زایشی، طول دوره گل‌دهی و کاهش فتوسنتز نسبت داد، به طوری که افزایش قابل توجه پروتئین دانه را به همراه دارد (Khajehpour, 2013). برخی محققین گزارش دادند که میزان پروتئین خام در ارقام مختلف تاج خروس به مرحله رشدی گیاه بستگی داشته و در ۱۱۵ روزگی ۱۱/۶ درصد گزارش کردند و برخی دیگر نیز کاهش معنی‌دار مقدار پروتئین خام علوفه تاج خروس را با افزایش سن گیاه گزارش دادند که با نتایج آزمایش ما مطابقت داشت (Rezaei *et al.*, 2009; Stordahl *et al.*, 1999). کاهش میزان پروتئین‌های محلول برگ تحت شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری معمول را می‌توان به تخریب پروتئین‌های محلول برگ توسط رادیکال‌های آزاد، عدم انتقال اسیدهای آمینه برای سنتز پروتئین و تجمع پرولین نسبت داد (Ranjan *et al.*, 2001). لازم به ذکر است که پروتئین خام در گندم، ذرت و برنج از لحاظ آمینواسیدهای ضروری لایسین، متیونین و سیستئین دارای کمبود بوده اما پروتئین خام در تاج خروس زینتی و دورگ از این نظر غنی می‌باشد (Slough *et al.*, 2001).

**NDF و ADF:** تجزیه واریانس NDF نشان داد که این صفت از نظر رژیم آبیاری و ارقام تاج خروس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین NDF در تنش شدید (۴۷/۹۴ درصد) مشاهده گردید و کم‌ترین NDF در شاهد (۴۱/۵۴ درصد) دیده شد که ۱۵/۴۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول‌های ۳ و ۴). همچنین، از نظر ارقام تاج خروس، بیشترین NDF در رقم سیم (۴۹/۶۲ درصد) مشاهده شد که ۲۴/۶۸ درصد نسبت به رقم خارکوف افزایش نشان داد و با ارقام اولترا و پلینسمن تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، کم‌ترین NDF در رقم خارکوف (۳۷/۳۷ درصد) وجود داشت که با رقم اسلوآکی تفاوت معنی‌داری نداشت ((جدول‌های ۳ و ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری ADF از نظر رژیم آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و ارقام تاج خروس در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین ADF در تنش شدید (۳۳/۵۴ درصد) مشاهده گردید که با تنش متوسط تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین ADF در شاهد (۳۱/۸۷ درصد) دیده شد که ۵/۲۴ درصد نسبت به شاهد افزایش

یافت و با تنش‌های ملایم و متوسط تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۳ و ۴). همچنین، از نظر ارقام تاج‌خروس، بیشترین ADF در رقم اولترا (۳۶/۱۶ درصد) مشاهده شد که ۱۹/۱۱ درصد نسبت به رقم خارکوف افزایش نشان داد. همچنین، کم‌ترین ADF در رقم خارکوف (۲۹/۲۵ درصد) وجود داشت که با رقم اسلوآکی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۳ و ۴).

تعیین میزان NDF و ADF در علوفه یکی از مهم‌ترین عوامل در تعیین ارزش غذایی آن است. پژوهش‌ها نشان داده است که میانگین مقادیر NDF و ADF برای چندین گونه تاج‌خروس ۳۷/۴۲ و ۲۴/۷۱ درصد گزارش شده که البته در ارقام مختلف متفاوت است (Sleugh *et al.*, 2001). پژوهش‌گران در بررسی ارزش غذایی ارقام تاج‌خروس زراعی دریافتند که میزان NDF و ADF به ترتیب ۴۴/۶ و ۲۷/۸ درصد متغییر است (Rezaei *et al.*, 2009). در آزمایشی که روی علف‌های چمنی علوفه‌ای انجام شد، تأثیر شرایط اقلیمی از جمله بارندگی و دما بر این دو پارامتر تأثیر معنی‌دار داشته و افزایش بارندگی و کاهش دما موجب کاهش NDF و ADF در ارقام تاج‌خروس زینتی و دروگ شده است (Kerstin *et al.*, 2014). در صورتی که تاج‌خروس زراعی از یک سو دارای سیستم فتوسنتزی ۴ کربنه بوده و کارایی بالایی در مصرف CO<sub>2</sub> تحت دامنه وسیع رطوبتی و حرارتی را داراست، از سویی دیگر، افزایش رشد رویشی به‌واسطه تأخیر در رسیدن به مرحله برداشت در این رقم موجب تخلیه محلول ساقه، تضعیف ساقه و افزایش NDF و ADF در ارقام تاج‌خروس زراعی نسبت به تاج‌خروس زینتی و دروگ شده است (Rahnama *et al.*, 2018).

محققین در بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر محتوای کلروفیل، کمیت و کیفیت علوفه تاج‌خروس تحت تنش کم آبیاری دریافتند که افزایش فواصل آبیاری، به ویژه آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده، میزان NDF و ADF در ارقام تاج‌خروس را افزایش داد (Karami *et al.*, 2018). پژوهشگران گزارش کردند که افزایش میزان NDF و ADF با افزایش سطوح تنش خشکی به دلیل کاهش در تعداد و ابعاد برگ و افزایش قطر ساقه بوده، چون‌که میزان NDF و ADF در برگ کم‌تر از ساقه است (Makari *et al.*, 2016). مطابق نتایج پژوهشگران، میزان NDF و ADF علوفه تاج‌خروس کمتر از میزان آن در ذرت علوفه‌ای بوده که نشان‌دهنده پتانسیل نسبتاً خوب ارقام تاج‌خروس زینتی و دروگ به‌عنوان یک منبع علوفه‌ای بود، زیرا مقدار NDF و ADF گیاه رابطه عکس با مصرف علوفه دارد (Rezaei *et al.*, 2014). به‌عقیده پژوهشگران با افزایش سطوح تنش خشکی، میزان نیتروژن در دسترس گیاه کاهش یافته، تجمع ماده خشک بافت‌ها به دلیل پلاسمولیز افزایش یافته، تکامل و گسترش سلول‌ها و دیواره سلولی بیشتر شده، بدین ترتیب مقدار NDF و ADF افزایش یافته که نتیجه آن کاهش کیفیت علوفه تولیدی خواهد بود (Naghizadeh and Galavi, 2012).

**لیگنین و خاکستر:** مطابق آنالیز داده‌ها، لیگنین از نظر رژیم آبیاری و ارقام تاج‌خروس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین لیگنین در تنش شدید (۵/۵۵ درصد) مشاهده گردید که ۱۳/۰۳ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد و با تیمار تنش متوسط و ملایم تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین لیگنین در شاهد (۴/۹۱ درصد) دیده شد (جدول‌های ۳ و ۴). همچنین، از نظر ارقام تاج‌خروس، بیشترین لیگنین در رقم اولترا (۶/۲۹ درصد) مشاهده شد که ۵۴/۸۴ درصد نسبت به رقم خارکوف افزایش نشان داد و با ارقام سیم و پلینسمن تفاوت معنی‌داری نداشت؛ همچنین، کم‌ترین لیگنین در رقم خارکوف

خصوصیات علوفه‌ای ارقام مختلف تاج خروس (*Amaranthus spp.*) در ...

(۲/۸۴ درصد) وجود داشت (جدول‌های ۳ و ۶). میزان خاکستر تحت تأثیر ارقام تاج خروس در سطح احتمال یک درصد قرار داشت (جدول ۵). از نظر ارقام تاج خروس، بیشترین خاکستر در رقم خارکوف (۱۷/۱۹ درصد) مشاهده شد که ۲۲/۷۴ درصد نسبت به رقم اولترا افزایش نشان داد. همچنین، کم‌ترین خاکستر در رقم اولترا (۱۳/۲۸ درصد) وجود داشت (جدول‌های ۳ و ۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات علوفه‌ای ارقام مختلف تاج خروس  
Table 5- Analysis of variance (MS) of effect of different irrigation regimes on forage characteristics of Amaranth different cultivars

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	لیگنین Lignin	خاکستر Ash	کلسیم Ca	فسفر P	پتاسیم K
بلوک Block	2	0.04 <sup>ns</sup>	44.15 <sup>**</sup>	1.33 <sup>**</sup>	1.20 <sup>**</sup>	0.51 <sup>**</sup>
رژیم آبیاری Irrigation regimes (I)	3	1.28 <sup>**</sup>	5.32 <sup>ns</sup>	0.71 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>**</sup>	1.51 <sup>**</sup>
رقم Cultivars (C)	5	21.08 <sup>**</sup>	19.24 <sup>**</sup>	1.71 <sup>**</sup>	0.01 <sup>**</sup>	1.33 <sup>**</sup>
رژیم × رقم I × C	15	0.12 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	0.21 <sup>ns</sup>	0.0008 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>
خطا Error	46	0.17	4.73	0.28	0.001	0.04
ضریب تغییرات CV (%)		7.87	14.35	24.32	7.79	5.28

ns, \* و \*\*: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.  
ns, \* and \*\*: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

تحقیقات نشان داده است که خاکستر، لیگنین، فیبر و سلولز جزء عوامل کاهنده کیفیت علوفه به‌شمار می‌روند (Unyal *et al.*, 2005). افزایش درصد ماده خشک و درصد پروتئین باعث خوش خوراکی گیاه برای دام و افزایش عمل جذب شده، در حالی که افزایش درصد لیگنین و خاکستر باعث حجیم شدن علوفه و کاهش سهم مواد مغذی، قابلیت هضم و خوش خوراکی علوفه می‌شود (Arzani *et al.*, 2013). تعیین غلظت خاکستر، لیگنین و عناصر معدنی اصلی موجود در هر ماده خوراکی ضروری می‌باشد، زیرا نقش مهمی در سلامت و تولید دام یا ایجاد مسمومیت‌ها دارد. پژوهش‌گران در ارزیابی ترکیب شیمیایی، گوارش‌پذیری و کیفیت پروتئین علوفه تاج خروس در دو مرحله برداشت اعلام کردند که با توجه به غیر معنی‌دار بودن اثر ارقام، تاریخ برداشت و برهمکنش بین این دو، میانگین خاکستر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، لیگنین، کلسیم، فسفر، منیزیم و پتاسیم به ترتیب؛ ۱۵/۴۴، ۴۰/۸۵، ۲۷/۹۰، ۵/۰۶، ۱/۵۵، ۰/۲۵، ۰/۲۸ و ۱/۴۸ درصد در ماده خشک بود (Ehsani *et al.*, 2016). با رشد گیاه، نیاز به بافت‌های الیافی افزایش یافته و بنابراین، کربوهیدرات‌های ساختمانی اصلی (سلولز و همی سلولزها) و لیگنین افزایش پیدا می‌کنند. با مسن شدن گیاه، غلظت پروتئین کاهش یافته و از این رو رابطه‌ای عکس، بین مقادیر پروتئین، لیگنین، خاکستر و جذب عناصر معدنی از جمله؛ کلسیم، فسفر و پتاسیم، وجود دارد (McDonald *et al.*, 2002).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات رژیم آبیاری و ارقام مختلف تاج خروس در صفات مورد بررسی

Table 6- Comparison of the average effect of different irrigation regimes and different Amaranth cultivars in traits

پتاسیم (درصد) K (%)	فسفر (درصد) P (%)	کلسیم (درصد) Ca (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)	لیگنین (درصد) Lignin (%)	تیمار Treatment	
4.47±0.07 <sup>a</sup>	0.59±0.04 <sup>a</sup>	2.46±0.26 <sup>a</sup>	15.80±1.03 <sup>a</sup>	4.91±0.29 <sup>b</sup>	Control	شاهد
4.22±0.09 <sup>b</sup>	0.54±0.04 <sup>b</sup>	2.16±0.08 <sup>a</sup>	15.36±0.28 <sup>a</sup>	5.28±0.34 <sup>a</sup>	Mild Stress	تنش ملایم
4.01±0.09 <sup>c</sup>	0.51±0.04 <sup>c</sup>	2.08±0.08 <sup>a</sup>	14.92±0.29 <sup>a</sup>	5.35±0.28 <sup>a</sup>	Moderate Stress	تنش متوسط
3.79±0.10 <sup>d</sup>	0.45±0.05 <sup>cd</sup>	2.01±0.07 <sup>a</sup>	14.55±0.28 <sup>a</sup>	5.55±0.29 <sup>a</sup>	Sever Stress	تنش شدید
0.14	0.02	0.35	1.46	0.27	LSD	
3.49±0.11 <sup>c</sup>	0.51±0.05 <sup>bc</sup>	1.62±0.06 <sup>d</sup>	13.28±0.41 <sup>c</sup>	6.29±0.09 <sup>a</sup>	Ultra	اولترا
4.02±0.09 <sup>b</sup>	0.51±0.05 <sup>bc</sup>	1.96±0.06 <sup>cd</sup>	14.61±0.62 <sup>bc</sup>	6.16±0.09 <sup>a</sup>	Cim	سیم
4.36±0.10 <sup>a</sup>	0.57±0.05 <sup>a</sup>	2.48±0.06 <sup>ab</sup>	17.19±0.64 <sup>a</sup>	2.84±0.09 <sup>d</sup>	Kharkof	خارکوف
4.30±0.10 <sup>a</sup>	0.55±0.05 <sup>a</sup>	2.69±0.36 <sup>a</sup>	15.21±0.65 <sup>b</sup>	5.62±0.09 <sup>b</sup>	Olpir	اولپیر
4.25±0.09 <sup>a</sup>	0.48±0.05 <sup>c</sup>	2.13±0.08 <sup>bc</sup>	15.20±0.65 <sup>b</sup>	6.04±0.24 <sup>a</sup>	Plainsman	پلینسمن
4.32±0.08 <sup>a</sup>	0.52±0.06 <sup>b</sup>	2.17±0.06 <sup>bc</sup>	15.44±0.77 <sup>ab</sup>	4.69±0.10 <sup>c</sup>	Slovakia	اسلواکی
0.17	0.03	0.43	1.78	0.34	LSD	

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

کلسیم، فسفر و پتاسیم: عنصر کلسیم از نظر ارقام تاج خروس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). از نظر ارقام تاج خروس، بیشترین کلسیم در رقم اولپیر (۲/۶۹ درصد) مشاهده شد که ۳۹/۷۷ درصد نسبت به رقم اولترا افزایش نشان داد و با رقم خارکوف تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، کم‌ترین کلسیم در رقم اولترا (۱/۶۲ درصد) وجود داشت که با رقم سیم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۳ و ۶). فسفر از نظر رژیم آبیاری و ارقام تاج خروس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین فسفر در شاهد (۰/۵۹ درصد) مشاهده گردید و کم‌ترین فسفر در تنش شدید (۰/۴۵ درصد) دیده شد که ۲۳/۷۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۶). همچنین، از نظر ارقام تاج خروس، بیشترین فسفر در رقم خارکوف (۰/۵۷ درصد) مشاهده شد که ۱۵/۷۸ درصد نسبت به رقم پلینسمن افزایش نشان داد و با رقم اولپیر تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، کم‌ترین فسفر در رقم پلینسمن (۰/۴۸ درصد) وجود داشت (جدول‌های ۳ و ۶). بررسی داده‌ها حاکی از معنی‌داری پتاسیم در سطح احتمال یک درصد تحت‌تأثیر رژیم آبیاری و ارقام تاج خروس بود (جدول ۵). بین رژیم‌های مختلف آبیاری بیشترین پتاسیم در شاهد (۴/۴۷ درصد) مشاهده گردید و کم‌ترین پتاسیم در تنش شدید (۳/۷۹ درصد) دیده شد که ۱۵/۲۱ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۶). همچنین، از نظر ارقام تاج خروس، بیشترین پتاسیم در رقم خارکوف (۴/۳۶ درصد) مشاهده شد که ۱۹/۹۵ درصد نسبت به رقم اولترا افزایش نشان داد و با ارقام اولپیر، پلینسمن و اسلواکی تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، کم‌ترین پتاسیم در رقم اولترا (۳/۴۹ درصد) وجود داشت (جدول‌های ۳ و ۶).

عناصر معدنی مانند پتاسیم، کلسیم، آهن، روی، منیزیم (Shukla *et al.*, 2006; Kadoshnikov *et al.*, 2008) و فسفر (Özbucak *et al.*, 2007) در آن زیاد است و موجب شده تا این گیاه دارای پتانسیل ارزشمندی به‌عنوان گونه علوفه‌ای برای نشخوارکنندگان باشد. در ارقامی که مراحل رشدی چون گلدهی و مرحله شیری دانه که تمایز سلول‌های مولد دانه در آن‌ها انجام می‌گیرد با شرایط محیطی نامطلوب (از جهت دما، تشعشع و رطوبت بالا) برخورد کرده (Miakar *et al.*, 2009) و این سبب گردیده تا مقادیر بالایی از لیگنین در ساقه تاج خروس زراعی تجمع پیدا کرده و در اثر تجمع ماده خشک و عناصر معدنی از جمله؛ کلسیم، فسفر و پتاسیم میزان خاکستر تاج خروس‌های زینتی و دورگ افزایش یابد. همگام با فرا رسیدن بلوغ گیاه، مقدار دیواره سلولی و لیگنین افزایش می‌یابد و به‌دنبال آن از قابلیت هضم گیاه کاسته می‌شود. تشکیل فیبر و قابلیت هضم گیاهان علوفه‌ای تحت تأثیر چهار عامل درجه حرارت، سن گیاه، شدت نور و در دسترس بودن نیتروژن قرار دارد. بالا رفتن درجه حرارت و سن گیاه، تشکیل دیواره سلولی را افزایش و پروتئین خام گیاه را کاهش می‌دهد. در مقابل با افزایش شدت نور و در دسترس بودن نیتروژن و همچنین، کاهش دمای محیط، میزان پروتئین خام و جذب عناصر معدنی افزایش و مقدار دیواره سلولی کاهش می‌یابد (Kawas *et al.*, 1983).

آزمایش پژوهش‌گران نشان داد که ارقام تاج خروس زینتی و دورگ نسبت به زراعی لیگنین و خاکستر بیشتری را به خود اختصاص داده بود که ناشی از ماهیت ذاتی تاج خروس زراعی در جذب و ذخیره عناصر معدنی در این ارقام بوده است (Rezaei *et al.*, 2014). ارقام تاج خروس زینتی و دورگ به‌دلیل استفاده بهتر از منابع محیطی و تغذیه‌ای در شرایط تنش خشکی رشد مناسبی داشته و با افزایش جذب عناصر معدنی از جمله؛ کلسیم، فسفر و پتاسیم درصد خاکستر این ارقام افزایش یافته است (Asgharzadeh *et al.*, 2015). با پیشرفت بلوغ گیاه،

پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه و پروتئین قابل متابولیسم کاهش می‌یابد. این کاهش تا حدودی از کاهش غلظت پروتئین خام ناشی می‌گردد. از سوی دیگر، همان‌گونه که پیش از این نیز گفته شد، با افزایش سن گیاه غلظت اجزای دیواره سلولی و ترکیبات فنولیکی افزایش می‌یابد که این امر باعث افزایش پروتئین پیوند شده با دیواره سلولی و ترکیبات فنولیکی شده که کاهش عناصر مذکور را در پی خواهد داشت (McDonald *et al.*, 2002).

### نتیجه‌گیری

از نتایج این آزمایش می‌توان دریافت که تحت شرایط اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری، ارقام زراعی تاج‌خروس (اولترا و سیم) دارای عملکرد ماده خشک، NDF، ADF و لیگنین بالاتری نسبت به ارقام تاج‌خروس زینتی و دورگ بودند. همچنین، ارقام تاج‌خروس زینتی (خارکوف و اولپیر) دارای مقادیر بالای پروتئین خام، خاکستر و عناصر معدنی کلسیم، فسفر و پتاسیم بودند. در این بین، ارقام تاج‌خروس دورگ (پلینسمن و اسلواکی) دارای مقادیر بیشتر NDF و لیگنین بودند. با توجه به گرم و خشک بودن اقلیم غالب مناطق ایران کشت ارقام تاج‌خروس زراعی و تزئینی جهت استحصال علوفه مقرون به صرفه توصیه می‌گردد.

### منابع

- Abbasi D., Rouzbehan Y., Rezaei J. 2012. Effect of harvest date and nitrogen fertilization rate on the nutritive value of amaranth forage (*Amaranthus hypochondriacus*). Journal of Animal Feed Science and Technology, 171: 6-13.
- Abedi T., Pakniyat H. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 16: 27-34.
- Agricultural Jihad Ministry. 2018. Programs and Achievements. Achievements of the agricultural sector in the twelfth government. (Available at: <http://www.pr.maj.ir/portal/Home>). (In Persian).
- Alizadeh O., Nadian H.A. 2010. Evaluation effect of water stress and nitrogen rates on amount of absorption some macro and micro elements in corn plant mycorrhizae and non-mycorrhizae. Research Journal of Biological Science, 5 (5): 350-355.
- Ansari Ardali S., AghaAlikhani M. 2015. Effect of plant density and nitrogen fertilizer rate on forage yield and quality of cultivated amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 17 (1): 35-36. (In Persian).
- Arzani H., Motamedi (Torkan) J., Jafari M., Farahpoor M., Zare Chahokib M.A. 2013. Classification of forage quality index in highland rangelands of Taleghan. Iranian Journal of Range and Desert Research, 20 (2): 250-271. (In Persian).
- Asgharzadeh F., Fathi-Nasri M.H., Bahdani M.A. 2015. Investigating the effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on forage and silage nutritional value of safflower. 45 (4): 375-384. (In Persian).
- Babaei-Zarech M.J., Jami-alahmadi M., Zamani G.R., Golestanifar F. 2015. The effect of competition between *Lathyrus sativus* L. and *Amaranthus retroflexus* L. under water stress condition. Environmental Stresses in Crop Sciences, 8 (2): 179-189. (In Persian).

- Bernnan R.F. 2001. Residual value of Zinc fertilizer for production of wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41: 541-547.
- Dahiru M. 2016. Growth rate of vegetable Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) as influenced by row spacing and nitrogen fertilizer in Mubi, northern Guinea savannah zone, Nigeria. *International Journal of Innovative Agriculture and Biology Research*, 4 (2): 8-20.
- Ehsani P., Fazaeli H., Karkoodi K., Mehrani, A. 2010. Comparison of function of quantitative and qualitative produce of four variety of *Amaranthus* forage. Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture, Islamic Azad University of Isfahan Branch (Khorasgan). (In Persian).
- Ehsani, P., Fazaeli, H., Karkoodi K., Mehrani A. 2016. Evaluation of chemical composition, digestibility and quality of *Amaranthus* forage in two stage of harvesting. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 7 (4): 428-436. (In Persian).
- Gimplinger D.M., Erley G.S., Dobosc G., Kaul H.P. 2008. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. *European Journal of Agronomy*, 28: 119-125.
- Henderson T., Johnson B., Schneiter A. 2000. Row spacing, plant population and cultivar effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 92: 329-336.
- Kadoshnikov S.I., Martirosyan D.M., Kadoshnikova I.G., Chernov I.A. 2001. A study on the silage use of plain and combined amaranth in ontogenesis. *Legacy: The Official Newsletter of the Amaranth Institute*, 14: 4-7.
- Karami S., Hadi H., Tajbakhsh Shishavan M., Modarres-Sanavy S.A.M. 2018. Effect of different levels of nitrogen and zeolite on chlorophyll content, quantity and quality of amaranth forage under deficit irrigation stress. *Journal of Agricultural Crop Production*, 20 (1): 67-84. (In Persian).
- Kawas J.R., Jorgensen N.A., Hardie A.R., Danelon J.L. 1983. Changing in feed value of alfalfa with stage of maturity and concentrate level. *Dairy Science*, 66 (1): 181.
- Kerstin G., Juergen K., Laura F.H.D., Carl C., Anke J. 2014. Water stress due to increased intra-annual precipitation variability reduced forage yield but raised forage quality of a temperate grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 186: 11-22.
- Khajehpour M.R. 2013. *Production of industrial plants*. Daneshgahi Jihad Press, 251 p. (In Persian).
- Kirigwi F.M., Van Ginkel M., Trethowan R., Seaes R.G., Rajaram S., Paulsen G.M. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica*, 135: 361-371.
- Makari F., Gholamalipour-Alamdari E., Bayat-Kouhsar J. 2016. Photochemical analysis of different organs of *Rheum ribes* in flowering stage (Case study: Heights of Karizak village of Kashmar city). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 42 (11): 25-36. (In Persian).
- McDonald P., Edwards A.R., Greenhalp J.F.D., Morgan C.A. 2002. *Animal Nutrition* (6<sup>th</sup> Ed.). Prentice Hall, London.
- Mehrani A., Fazaeli H. 2008. *Amaranthus spp.* Agricultural Jihad Ministry, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Seed and Seedling Improvement Institute, Research Project Report, 44 p. (In Persian).
- Mlakar S.G., Turinek M., Jakop M., Bavec M., Bavec F. 2009. Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making. *Agricultura*, 6: 43-53.

- Mokhtassi-Bidgoli A., Aghaalikhani M., Nasiri-Mahallati M., Zand E., Gonzalez-Andujar J. L., Azari A. 2013. Agronomic performance, seed quality and nitrogen uptake of *Descurainia Sophia* in response to different nitrogen rates and water regimes. *Industrial Crops and Products*, 44: 583-592. (In Persian).
- Moshaver E., Madani H., Emam Y., Nour Mohamadi G., Heidari Sharifabad H. 2016. Effect of planting date and density on amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) growth indices and forage yield. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* 4, (5): 541-547.
- Naghizadeh M., Galavi M. 2012. Evaluation of forage quality in mixed cultivation of maize (*Zea mays* L.) and kelp (*Lathyrus sativus* L.) under the influence of bio and chemical phosphorus fertilizers. *Journal of Agroecology*, 4 (1): 52-62. (In Persian).
- Özbucak T.B., Akçin Ö.E., Yalçın S. 2007. Nutrition contents of the some wild edible plants in Central Black Sea region of Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1: 11-13.
- Rahnema A., Safaeie A.R., Rezaei M. 2018. Forage yield comparison of three Amaranth (*Amaranthus hypochonriacus* L.) varieties at different harvesting stages. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16 (3): 557-567. (In Persian).
- Ranjan R., Bohra S.P., Jeet A.M. 2001. *Book of Plant Senescence*. Jodhpur, Agrobios, New York, Pp: 18-42.
- Reta Alemayehu F., Bendevis M., 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. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201: 321-329.
- Rezaei J., Rouzbehan Y., Fazaeli H. 2009. Nutritive value of fresh and ensiled amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) treated with different levels of molasses. *Animal Feed Science and Technology*, 151: 153-160.
- Rezaei J., Rouzbehan Y., Fazaeli H., Zahedifar M. 2014. Effect of substituting amaranth silage for corn silage on intake, growth performance, diet digestibility microbial protein, nitrogen retention and ruminal fermentation in fattening lambs (*Amaranthus hypochondriacus*) treated with different levels of molasses. *Animal Feed Science and Technology*, 192: 29-38.
- Samanipour J., Babaei-Zarech M.J., Haj-Rezaei T., Ziaeiian-Ahmadi V., Jami-alahmadi M. 2018. Investigating the intra- and extraterrestrial competition of *Amaranthus albus* L., *Amaranthus retroflexus* L. and *Lathyrus sativus* L. under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11 (4): 959-969. (In Persian).
- SAS. 2015. SAS Version 9.4. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Shukla S., Bhargava A., Chatterjee A., Srivastava J., Singh N., Singh S.P. 2006. Mineral profile and variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 61: 23-28.
- Siddique M.R.B., Hamid A., Islam M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41: 35-39.
- Sleugh B.B., Moore K.J., Brummer E.C., Knapp A.D., Russell J., Gibson L. 2001. Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. *Crop Science*, 41: 466-472.

- Stordahl J.L., Sheaffer C.C., DICostanzo A. 1999. Variety and maturity affect amaranth forage yield and quality. *Journal of Production Agriculture*, 12: 249-253.
- Svirskis A. 2003. Investigation of amaranth cultivation and utilization in Lithuania. *Agronomy Research*, 1: 253-264.
- Unyal S.K., Awasthil A., Rawat G.S. 2005. Biomass availability and forage quality of *Eurotia ceratoides* may in the rangelands of Changthang, Eastern Jadhak. *Current Science*, 89: 201-207.
- Vaezirad S., Shekari F., Shiranirad A.M., Zangani A. 2008. The effect of water stresses in various growth stages on the yield and yield components in red beans varieties. *Journal of New Knowledge of Agriculture*, 4 (10): 85-94. (In Persian).
- Yarnia M., Khorshidi Benam M.B., Farajzadeh Memari Tabrizi E. 2010. Sowing dates and density evaluation of amaranth (cv. Koniz) as a new crop. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8 (2): 445-448.