



## به زراعی کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰

صفحه‌های ۶۴۶-۶۳۳

مقاله پژوهشی:

### بررسی تأثیر سیستم کوددهی شیمیایی و ارگانیک بر کیفیت و کمیت علوفه تاج خروس (رقم Cim) تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

عبدالله حسن‌زاده قورته‌تپه<sup>۱\*</sup>، سعید حیدرزاده<sup>۲</sup>، امیر رحیمی<sup>۳</sup>

۱. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

۲. دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳. استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۰۸

#### چکیده

گیاه علوفه‌ای تاج‌خروس به‌علت ویژگی‌های تغذیه‌ای و قابلیت سازگاری به شرایط کم‌آبی، می‌تواند گزینه مناسبی برای مقابله با کمبود آب و افزایش بهره‌وری آن در سامانه‌های مختلف مصرف کود باشد. این آزمایش طی دو سال در قالب بلوک کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل در سه تکرار، شامل سطوح مختلف آبیاری در سه سطح (آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۷۵ درصد آب قابل استفاده) به‌عنوان عامل اول و سامانه‌های مختلف مصرف کود شامل کود ارگانیک (کود گاوی و کود فسفات بارور-۲)، شیمیایی (کود فسفر و نیتروژن)، تلفیقی (کود گاوی، فسفات بارور-۲، فسفر و نیتروژن) و شاهد (بدون کود) به‌عنوان عامل دوم بود. نتایج نشان داد که پارامترهای پروتئین خام، قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات‌های محلول در آب، مواد مغذی قابل هضم، ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی ویژه شیردهی، در اثر کاربرد سامانه‌های مختلف مصرف کود در هر یک از سطوح آبیاری در مقایسه با تیمار شاهد بهبود یافت. عملکرد بیوماس و عملکرد پروتئین علوفه به‌ترتیب ۳۸/۸۹ و ۵۴/۳۷ درصد در شرایط آبیاری مطلوب، ۳۰/۶۰ و ۴۱/۲۳ درصد در شرایط تنش متوسط و ۲۲/۲۰ و ۳۴/۹۲ درصد در شرایط تنش شدید (به‌ترتیب آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) در سیستم کودی تلفیقی نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. با توجه به نتایج کاربرد کودهای ارگانیک به‌تنهایی و یا در ترکیب با کود شیمیایی در بهبود صفات کمی و کیفی علوفه تاج‌خروس در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ و ۶۰ درصد آب قابل استفاده تأثیر مثبتی در عملکرد گیاه مشاهده شد. در این راستا، استفاده بهینه از کودهای تلفیقی در راستای کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی ناشی از مصرف کود شیمیایی پیشنهاد می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** علوفه، عملکرد، کشاورزی پایدار، کم‌آبیاری، کوددهی تلفیقی.

### Investigating the Effect of Chemical and Organic Fertilizer System on the Quality and Quantity of Amaranthus (cv. Cim) Forage under the Influence of Different Irrigation Levels

Abdollah Hasanzadeh Ghorttappah<sup>1\*</sup>, Saeid Heydarzadeh<sup>2</sup> and Amir Rahimi<sup>3</sup>

1. Assistant Professor, Horticulture Crop Science Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Urmia, Iran.

2. Former Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

Received: August 1, 2020

Accepted: November 28, 2020

#### Abstract

Amaranth forage plants, due to their nutritional properties and ability to adapt to drought conditions, can be a good option to deal with water deficiency and increased productivity under different fertilizer systems. This experiment spans for 2 years in form of a complete random block design based on a factorial with three replications, three levels of irrigation (irrigation after depleting 40%, 60%, and 75% of available water) as the first factor and organic (cow manure and phosphate-2), chemical (phosphorus and nitrogen), integrated, and control (no fertilizer) fertilizer systems as the second one. Results of this study show that crude protein, digestibility of dry matter, water-soluble carbohydrates, digestible nutrients, relative nutritional value, and specific energy of lactation, due to the application of different fertilizer systems in each irrigation level have been improved, compared to non-consumption of the fertilizer. The performance of biomass and forage protein are increased by 38.89% and 54.37%, 30.60% and 41.23%, and 22.20% and 34.92% in optimal, moderate, and severe stress conditions, respectively in integrated fertilizer system than the control. Also, this study shows that the use of organic fertilizers alone or combined with chemical fertilizers improve quantitative and qualitative traits of amaranthus forage irrigation after depleting 40% and 60% of available water. So, optimal use of biological inputs for sustainable agriculture and reduction of pollution, caused by the use of chemical fertilizers, is recommended.

**Keywords:** Forage, integrated fertilizer, sustainable agriculture, water deficiency, yield.

## ۱. مقدمه

نیمه خشک مؤثر باشد. کم آبیاری، برنامه آبیاری خاصی است که در آن گیاهان به مقدار بهینه آبیاری می شوند و روش مدیریتی زراعی است که رویاننده به صورت مدیریت شده، تنش آبیاری را برای افزایش راندمان آب و افزایش تولید محصول به ازای آب مصرفی واحد اعمال می کند ( Fereres & García-Vila, 2019 ).

نوآوری در کشاورزی به ویژه گذر از کشاورزی سنتی و متداول به کشاورزی پایدار راه کاری برای بهبود کمی و کیفی عملکرد محصولات به شمار می رود ( Materechera & Medupe, 2006; Sarmadi et al., 2017 ). با توجه به برخی اثرگذاری های سوء زیست محیطی کاربرد کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای زیستی مانند ریزوباکتری های تحریک کننده رشد گیاه به عنوان قسمتی از یک نظام مدیریت جهانی، کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش داده و پایداری تولید را بهبود می بخشد ( Ogedegbe et al., 2013; Tudeshki et al., 2017; Mehmood et al., 2018 ). به گونه ای که نقش تغذیه خوب گیاهی در مقاومت گیاهان به انواع تنش ها به خوبی شناخته شده است. گیاهی که خوب تغذیه شده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت و در این راستا کمیت و کیفیت محصول نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. گزارش شده است که کاربرد ریزجانداران حل کننده فسفات و ریزوباکتری های محرک رشد گیاه هم زمان با میزان مناسبی کود شیمیایی تأثیر معنی داری بر عملکرد کمی و کیفی ذرت داشت ( Yazdani et al., 2009 ). هم چنین با بررسی تأثیر نظام های کم آبیاری و تلفیق کود شیمیایی و زیستی فسفر بر ویژگی های کمی و کیفی علوفه تاج خروس، گزارش شد که تأمین فسفر مورد نیاز گیاه می تواند میزان پروتئین خام این گیاه را افزایش دهد. در این میان تأثیرگذاری مدیریت تلفیقی کود بیش تر از کاربرد به تنهایی ( منفرد ) کود شیمیایی یا زیستی بود ( Abbasi et al., 2012; Ayneband et al., 2017 ).

از جمله گیاهان علوفه ای که امروزه مطرح شده، تاج خروس<sup>۱</sup> متعلق به خانواده آمارانتاسه<sup>۲</sup> است. این گیاه به علت ویژگی های تغذیه ای و سازگاری می تواند قابلیت و ظرفیت ورود به تناوب زراعی را داشته باشد. سازگاری تاج خروس به خاک های فقیر و تحمل آن به تنش خشکی، استفاده از آن را به عنوان یک محصول زراعی در مناطق نیمه خشک ممکن ساخته است ( Jamalluddin et al., 2019; Schahbazian & Kamkar, 2006 ). برخی از ارقام تاج خروس با دمای مطلوب پایین برای جوانه زنی سازگار هستند. رشد سریع پس از جوانه زدن، استقرار سریع تاج پوشش، بلوغ زودرس، آب مورد نیاز کم از جمله مهم ترین ویژگی های کشت این گیاه می باشند. مطالعات متعدد در زمینه ارزش غذایی تاج خروس نشان داده اند که در جیره خوراک نشخوارکنندگان استفاده از تاج خروس مناسب تر از یونجه می باشد. سطوح نیترات و اسید اگزالیک کم و وزن خشک زیاد، نشان دهنده پتانسیل بالای این گیاه به عنوان خوراک نشخوارکنندگان است ( Jamalluddin et al., 2019; Liu & Stützel, 2004 ).

خشکی در بین عوامل ایجادکننده تنش زای زنده و غیرزنده به تنهایی مسبب ۴۵ درصد از کاهش عملکرد گیاهان زراعی در نقاط مختلف جهان بوده است. تغییر شرایط آب و هوایی در چند دهه اخیر، منجر به کاهش میزان و توزیع بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان و از جمله خاورمیانه شده است. بنابراین، به نظر می رسد با توجه به تغییر الگوهای بروز خشکی، تغییر در راه کارهای مناسب برای کاهش اختلاف عملکرد واقعی و پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی در این مناطق لازم و ضروری است ( Chen et al., 2019 ). مدیریت آبیاری می تواند در زمینه بهبود و یا افزایش عملکرد گیاهان، به ویژه در مناطق خشک و

1. Amaranth
2. Amaranthaceae

تبدیل کنند ویژگی‌های خاک آزمایش شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

هر کرت شامل شش ردیف کشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود. طول هر ردیف ۵ متر و بین هر دو کرت نیز سه ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کشت ۱۲ سانتی‌متر و تراکم نهایی برای رقم مورد استفاده برابر و مساوی ۱۲۸ هزار بوته در هکتار بود. بذور تاج‌خروس در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه کشت شد. ثبت رطوبت خاک به وسیله دستگاه TDR (مدل TRASE SYSTE، کشور آلمان) و محاسبه میزان پتانسیل آب خاک توسط منحنی رطوبتی خاک به وسیله دستگاه صفحات فشاری برای پتانسیل‌های مختلف صورت گرفت. آبیاری همه کرت‌های آزمایشی، از روز کاشت تا اتمام مرحله گیاهچه‌ای یکسان و بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده انجام شد، ولی بعد از استقرار کامل گیاه تاج‌خروس، تیمار کم‌آبیاری اعمال شد. نحوه اعمال تیمار آبیاری بدین صورت بود که در تیمارهای آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۷۵ درصد آب قابل استفاده، به ترتیب بعد از این که ۴۰، ۶۰ و ۷۵ درصد از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تخلیه شد، آبیاری انجام گرفت تا میزان رطوبت تمام کرت‌ها دوباره تا حد ۱۰۰ درصد ظرفیت برسند.

در مجموع تعداد دفعات آبیاری و مقدار آب مورد استفاده به ترتیب در تیمارهای آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۷۵ درصد آب قابل استفاده، ۱۸ بار آبیاری (۲۲۰ مترمکعب در کل دوره رشد)، ۱۳ بار آبیاری (۱۷۸ مترمکعب در کل دوره رشد) و ۱۰ بار آبیاری (۱۵۰ مترمکعب در کل دوره رشد) بود.

برداشت نهایی به هنگام خمیری شدن دانه‌ها از سه ردیف وسط هر کرت با حذف حاشیه از دو سمت کرت از سطح یک متر مربع انجام گرفت و عملکرد بیوماس اندازه‌گیری و ثبت شد.

از آنجاکه تأمین نیاز غذایی گیاهان از طریق کودهای شیمیایی با مشکلاتی از قبیل آب‌شویی نترات و آلودگی آب‌های زیرزمینی همراه است، لذا انجام مطالعه درباره جایگزینی آن‌ها با کودهای آلی جهت تحقق رویکرد کشاورزی اکولوژیکی ضروری است. ولی تأمین تمامی نیاز غذایی گیاه تاج‌خروس در مناطق خشک و نیمه‌خشک ممکن است از کودهای زیستی تنها مقدور نباشد. در این شرایط مطالعه کاربرد تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی نیز اهمیت زیادی دارد. لذا، هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی کاربرد سامانه‌های مختلف مصرف کود در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار و تعیین تغذیه بهینه تاج‌خروس در شرایط تنش کم‌آبیاری است.

## ۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. در این پژوهش اثر دو عامل، سامانه‌های مختلف مصرف کود و آبیاری در قالب طرح بلوک کامل تصادفی به صورت فاکتوریل در سه تکرار بررسی شد. سامانه‌های مختلف مصرف کود شامل کودهای ارگانیک، شیمیایی، تلفیقی و شاهد (بدون کود) و سه سطح مختلف آبیاری در (آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۷۵ درصد آب قابل استفاده) بود. در سامانه کود ارگانیک (کود گاوی و کود فسفات بارور-۲)، در سامانه کود شیمیایی (کود فسفر و نیتروژن) و در سامانه تلفیقی (کود گاوی، فسفات بارور-۲، فسفر و نیتروژن) استفاده شد. کود فسفات بارور-۲ حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس باسیلوس<sup>۱</sup> و سودوموناس<sup>۲</sup> است که این باکتری‌ها با ترشح اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز قادرند فسفر نامحلول خاک را به فرم محلول در دسترس گیاه

1. Bacillus
2. Pseudomonas

جدول ۱. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مطالعه شده

pH	هدایت الکتریکی (dSm <sup>-1</sup> )	نیترژن کل (%)	فسفر (mg.kg <sup>-1</sup> )	پتاسیم (mg.kg <sup>-1</sup> )	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	بافت خاک
۷/۹	۰/۴۳	۰/۱۰۲	۷/۹	۳۵۶	۳۱	۳۳	۳۶	لومی رسی

داد که پارامترهای کیفیت علوفه شامل درصد پروتئین خام (CP)<sup>۱</sup>، قابلیت هضم ماده خشک (DMD)<sup>۲</sup>، کربوهیدرات محلول در آب (WSC)<sup>۳</sup>، مواد مغذی قابل هضم (TDN)<sup>۴</sup>، ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV)<sup>۵</sup> و انرژی ویژه شیردهی (NEL)<sup>۶</sup>، ماده خشک مصرفی (DMI)<sup>۷</sup>، الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی (ADF)<sup>۸</sup> و خنتی (NDF)<sup>۹</sup>، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی (محتوای فنل کل و فلاونوئید کل) و عملکرد بیوماس و عملکرد پروتئین علوفه تحت تأثیر اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و سامانه‌های مختلف مصرف کود در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. درحالی‌که خاکستر علوفه تحت تأثیر اثرات ساده سطوح مختلف آبیاری و سامانه‌های مختلف مصرف کود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

### ۳.۱. درصد پروتئین خام (CP)

نتایج مقایسه میانگین نشان داد پروتئین خام علوفه تاج‌خروس با افزایش فواصل آبیاری به‌طور معنی‌دار کاهش یافت، بیش‌ترین (۲۷/۳۵ درصد) محتوای پروتئین خام در سیستم کودی تلفیقی تحت شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده به‌دست آمد.

عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب عملکرد بیوماس در درصد پروتئین به‌دست آمد.

برای تعیین صفات کیفیت علوفه (شامل درصد پروتئین خام (CP)، قابلیت هضم ماده خشک (DMD)، کربوهیدرات محلول در آب (WSC)، ماده خشک مصرفی (DMI)، الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی (ADF) و خنتی (NDF)، بعد از خشک‌کردن نمونه‌ها (کل بوته شامل ساقه، برگ و گل‌آذین) و آسیاب‌کردن آن‌ها، با استفاده از روش طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR)، Spectroscopy مدل Percon- Inframatic 8620 ساخت کشور آمریکا در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور اندازه‌گیری شد (Jafari *et al.*, 2003). محاسبه کل مواد مغذی قابل هضم (TDN)، انرژی خالص برای شیردهی (NEL) و ارزش نسبی خوراکی (RFV) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شده است (Horrocks & Vallentine, 1999).

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{TDN} = (-1/291 + \% \text{ADF}) + 101/35$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{NEL} = (1/044 - (0/0119 \times \% \text{ADF})) \times 2/205$$

$$\text{رابطه (۳)} \quad \text{RFV} = \% \text{DDM} \times \% \text{DMI} \times 0/775$$

محتوای فنلی کل به‌وسیله معرف فولین تعیین شد (Horwitz, 1984). هم‌چنین محتوای فلاونوئید موجود در عصاره‌ها اندازه‌گیری شد (Jia *et al.*, 1999). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت. هم‌چنین، برای مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد.

### ۳.۲. نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله نشان

1. Crude Protein
2. Digestible Dry Matter
3. Water Soluble Carbohydrate
4. Total Digestible Nutrient
5. Relative Feed Value
6. Net Energy for Lactation
7. Dry Matter Intake
8. Acid Detergent Fiber
9. Neutral Detergent Fiber

بررسی تأثیر سیستم کوددهی شیمیایی و ارگانیک بر کیفیت و کمیت علوفه تاج خروس (رقم Cim) تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب صفات کیفی تاج خروس تحت تأثیر سطوح آبیاری و سیستم مختلف کودی

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین خام	الباف نامحلول اسیدی	الباف نامحلول خشتی	مواد مغذی قابل هضم	ماده خشک مصرفی	کربوهیدرات محلول در آب	خاکستر
سال	۱	۰/۳۸ns	۰/۲۴ns	۰/۰۲ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۱ns	۰/۲۷ns
بلوک/سال	۴	۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۰۵	۰/۷۴	۰/۰۰۰۷	۰/۰۳	۰/۴۳
آبیاری	۲	۷۴/۹۳**	۵۲/۷۵**	۴۰/۶۹**	۹۷/۲۶**	۰/۰۷**	۲۰/۳۰**	۶/۰۶**
کوددهی	۳	۹۷/۳۹**	۵۵/۷۷**	۵۲/۸۵**	۹۵/۳۸**	۰/۰۹**	۲۱/۳۹**	۱۰/۶۵**
سال × آبیاری	۲	۰/۳۱ns	۰/۱۰ns	۰/۱۲ns	۰/۲۷ns	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۴ns	۰/۳۰ns
سال × کود	۴	۰/۲۵ns	۰/۳۳ns	۰/۰۴ns	۰/۲۸ns	۰/۰۰۰۶ns	۰/۰۹ns	۰/۰۷ns
آبیاری × کود	۶	۳/۶۲**	**۵/۴۲	۴/۷۱**	۸/۰۴**	۰/۰۱**	۱/۵۰**	۰/۴۸ns
سال × آبیاری × کود	۶	۰/۱۷ns	۰/۲۷ns	۰/۱۳ns	۰/۰۵ns	۰/۰۰۰۷ns	۰/۰۵ns	۰/۰۰۰۲ns
اشتباه آزمایشی	۴۳	۰/۷۸	۱/۴۳	۰/۹۷	۲/۰۳	۰/۰۰۰۸	۰/۴۵	۰/۵۰
ضریب تغییرات (%)	۳/۹۸	۳/۴۶	۱/۷۸	۲/۵۰	۱/۳۶	۵/۱۷	۷/۴۲	

ns \* و \*\* به ترتیب نشانگر عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

ادامه جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب صفات کیفی تاج خروس تحت تأثیر سطوح آبیاری و سیستم مختلف کودی

منابع تغییر	درجه آزادی	قابلیت هضم ماده خشک	انرژی ویژه شیردهی	ارزش نسبی تغذیه ای	محتوای فنل کل	محتوای فلاونوئید	عملکرد بیوماس	عملکرد پروتئین
سال	۱	۰/۰۲ns	۰/۰۰۰۳ns	۰/۳۰ns	۲/۱۸ns	۰/۰۰۰۶ns	۴/۸۷ns	۱/۶۳ns
بلوک/سال	۴	۰/۳۰	۰/۰۰۰۰۷	۱/۶۸	۴/۰۹	۰/۰۲	۱۲/۵۵	۱/۶۴
آبیاری	۲	۳۹/۳۸**	۰/۰۴**	۵۵۳/۰۰**	۲۹۵/۷۶**	۶/۷۹**	۷۷۰۵/۸۹**	۸۷۴/۰۹**
کوددهی	۳	۳۵/۹۲**	۰/۰۳**	۵۸۳/۵۴**	۲۹۱/۷۳**	۳/۰۵**	۴۰۳۳/۵۷**	۶۱۲/۵۶**
سال × آبیاری	۲	۰/۲۶ns	۰/۰۰۰۱ns	۲/۳۴ns	۴/۰۰ns	۰/۰۰۰۹ns	۲/۰۶ns	۰/۴۳ns
سال × کود	۴	۰/۲۹ns	۰/۰۰۰۶ns	۱/۲۴ns	۰/۲۱ns	۰/۰۴ns	۳/۰۶ns	۰/۴۲ns
آبیاری × کود	۶	۳/۰۲**	۰/۰۰۳**	۶۳/۵۸**	۱۲/۶۰**	۰/۲۷**	۴۲۹/۴۴**	۶۰/۵۶**
سال × آبیاری × کود	۶	۰/۱۸ns	۰/۰۰۰۵ns	۰/۲۲**	۰/۲۴ns	۰/۰۲ns	۰/۳۲ns	۰/۱۰ns
اشتباه آزمایشی	۴۳	۰/۲۷	۰/۰۰۰۴	۳/۳۷	۲/۷۹	۰/۰۴	۲/۳۹	۱/۰۵
ضریب تغییرات (%)	۰/۸۴	۱/۵۰	۱/۷۶	۴/۷۸	۶/۷۰	۱/۴۴	۴/۲۱	

ns \* و \*\* به ترتیب نشانگر عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده و بدون کاربرد کود بود (جدول ۳). درصد قابلیت هضم یکی از عوامل اصلی تعیین کننده کیفیت علوفه می باشد. میزان پروتئین خام موجود در علوفه نیز به طور معنی دار با هضم پذیری مرتبط

با این حال کاربرد سیستم کودی در هر یک از سطوح آبیاری، سبب افزایش محتوای پروتئین خام تاج خروس نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد کود) شد. در حالی که کمترین (۱۸/۲۵ درصد) میزان آن در شرایط آبیاری بعد از

داد. هم‌چنین سیستم کودی تلفیقی نسبت به سیستم کودی شیمیایی و ارگانیک، میزان الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی و خنثی کم‌تری داشت. کم‌ترین میزان آن‌ها به ترتیب ۲۹/۵۶ و ۵۰/۱۷ درصد در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل‌استفاده در سیستم کودی تلفیقی به‌دست آمد (جدول ۳).

ارزش هضمی وابسته به مقدار مواد آلی و معدنی علوفه و قابلیت هضم این مواد می‌باشد، بنابراین هرچه مقدار ماده آلی و قابلیت هضم علوفه بالاتر باشد، ارزش هضمی آن بالاتر خواهد بود (Tiwana et al., 2003). دلیل احتمالی این امر را می‌توان به ایجاد تعادل در عناصر غذایی برگ و در نتیجه تنظیم روابط آب در گیاه و در نهایت کاهش تنش کم‌آبی نسبت داد. تنش کم‌آبی باعث کاهش مقدار هضم‌پذیری ماده خشک در گیاهان تحت شرایط تنش می‌شود. این کاهش می‌تواند با توجه به افزایش مقدار لیگنین و دیگر کربوهیدرات‌های ساختمانی توضیح داده شود و با توجه به این‌که افزایش مقدار ADF و NDF می‌تواند به‌طور منفی بر میزان هضم‌پذیری اثر بگذارد (Jahanzad et al., 2013). از آنجایی‌که NDF و ADF، قابلیت هضم را نشان می‌دهد، کیفیت و ارزش غذایی علوفه با این دو شاخص نسبت معکوس دارد (Sarmadi et al., 2016). می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به پایین‌بودن این دو شاخص در شرایط آبیاری مطلوب و سامانه‌های مختلف مصرف کود (تلفیقی، شیمیایی و ارگانیکی)، کیفیت و ارزش غذایی علوفه تاج‌خروس در شرایط آبیاری مطلوب و در سامانه‌های مختلف مصرف کود مذکور بیش‌تر شده باشد. گزارش شده که مصرف کودهای شیمیایی و زیستی باعث کاهش ADF و NDF و افزایش ارزش غذایی علوفه سورگم شده است (Sardrood et al., 2013). در واقع NDF بالا، سبب کاهش تعلیف علوفه توسط حیوان به‌دلیل غیرقابل

می‌باشد. به‌طوری‌که کاربرد تلفیقی کودهای آلی، شیمیایی و کودهای زیستی تحت شرایط کم‌آبیاری با فراهمی عناصر غذایی سبب بهبود فتوسنتز و رشد رویشی گیاه، افزایش سطح برگ و میزان پروتئین علوفه گیاه ارزن و جو شده و ذخیره کربوهیدرات‌ها افزایش یافته است که این امر باعث افزایش قابلیت هضم‌پذیری علوفه می‌شود (Farahani & Chaichi, 2013; Ibrahim et al., 2015). هم‌چنین هضم‌پذیری علوفه رابطه مستقیمی با ویژگی‌های دیواره سلولی دارد. به‌طوری‌که با زیادشدن سن گیاه و یا رشد تغییر در هضم‌پذیری آن به‌وجود نمی‌آید، در صورتی‌که ساختار شیمیایی دیواره سلولی با رشد گیاه تغییر می‌نماید و با بالا رفتن سن گیاه محتویات فیبر کل گیاه افزایش یافته و در نتیجه از میزان هضم‌پذیری گیاه کاسته می‌شود (Pholsen & Suksri, 2004). گزارش شده است که عوامل محیطی و تغذیه‌ای از قبیل کود نیتروژن بر قابلیت هضم علوفه تأثیر دارند و با کاربرد کودهای نیتروژنه، پروتئین‌های محلول در داخل سلول افزایش یافته و باعث افزایش درصد ماده خشک قابل هضم علوفه می‌شود (Shahin et al., 2013).

### ۳.۲. الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی (ADF) و شوینده‌های خنثی (NDF)

با تأخیر در آبیاری میزان الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی و خنثی علوفه تاج‌خروس به‌طوری معنی‌دار افزایش نشان داد. بیش‌ترین میزان الیاف نامحلول شوینده اسیدی (۳۷/۵۱ درصد) و شوینده‌های خنثی (۵۷/۶۵ درصد) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل‌استفاده و بدون کاربرد کود مشاهده شد، به‌طوری‌که سیستم کودی تلفیقی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد کود)، نقش مؤثری در کاهش میزان الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی و خنثی در هر سه رژیم آبیاری نشان

و میزان ماده خشک مصرفی کاهش پیدا می‌کند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بالاترین میزان DMI و TDN علوفه در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده در سیستم کودی تلفیقی مشاهده شد. بنابراین، به دلیل کاهش میزان NDF، میزان DMI علوفه و در نتیجه آن کیفیت علوفه تولیدی افزایش می‌یابد.

#### ۴.۳. کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

نتایج حاصل نشان داد که گیاه تاج‌خروس در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده در سیستم کودی تلفیقی، بیش‌ترین (۱۵/۲۲ درصد) میزان کربوهیدرات محلول در آب را داشت. کاربرد سیستم‌های مختلف کود (تلفیقی، شیمیایی و ارگانیک) در هر یک از شرایط آبیاری (آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۷۵ درصد آب قابل استفاده) نقش مؤثری بر میزان کربوهیدرات محلول در آب نسبت به تیمار بدون کاربرد کود (شاهد) داشتند. در حالی که کم‌ترین (۱۰/۹۰ درصد) میزان آن در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده و بدون کاربرد کود مشاهده شد (جدول ۳). محتویات کربوهیدرات‌های محلول در آب می‌تواند تحت تأثیر عملکردهای مدیریتی مانند مقدار مصرف کود نیتروژنه و نحوه بهره‌برداری قرار گیرد. در واقع با تأمین عناصر و آب موردنیاز گیاه طی فصل رشد، شرایط برای فتوسنتز فراهم و در نهایت میزان کربوهیدرات‌ها افزایش پیدا می‌کند (Sardrood *et al.*, 2013). با کاربرد فسفر سوبسترای بیش‌تری برای سنتز قند فراهم می‌شود و مواد فتوسنتزی بیش‌تری به ساخت کربوهیدرات‌ها اختصاص داده می‌شود (Farahani & Chaichi, 2013). هم‌چنین مشاهده شد که کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش درصد کربوهیدرات‌های محلول می‌شود (Sarmadi *et al.*, 2016).

هضم‌بودن آن می‌شود. کاربرد تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی در سطوح مختلف آبیاری سبب کاهش میزان NDF می‌شود که این امر باعث افزایش هضم و خوش خوراکی می‌شود (Farahani & Chaichi, 2013).

#### ۳.۳. میزان کل مواد مغذی قابل هضم (TDN) و ماده خشک مصرفی (DMI)

طبق نتایج، بیش‌ترین میزان مواد مغذی قابل هضم (۶۳/۱۸ درصد) و ماده خشک مصرفی (۲/۳۹ درصد) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده در سیستم کودی تلفیقی مشاهده شد، به‌طوری‌که سیستم کودی تلفیقی در مقایسه با تیمار بدون کاربرد (شاهد)، میزان مواد مغذی قابل هضم و ماده خشک مصرفی را در هر سه شرایط آبیاری افزایش داد، هم‌چنین میزان مواد مغذی قابل هضم و ماده خشک مصرفی در سیستم کودی تلفیقی نسبت به سیستم کودی شیمیایی و ارگانیک در شرایط آبیاری مطلوب بیش‌تر بود. کم‌ترین میزان مواد مغذی قابل هضم و ماده خشک مصرفی به‌ترتیب ۵۲/۹۱ و ۲/۰۷ درصد در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده و بدون کاربرد کود به‌دست آمد. هم‌چنین سامانه‌های مختلف مصرف کود از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در شرایط تنش شدید بر میزان مواد مغذی قابل هضم و ماده خشک مصرفی نداشتند (جدول ۳). مواد مغذی قابل هضم (TDN) به مواد مغذی موجود در دام و مربوط به غلظت ADF علوفه می‌باشد (Lithourgidis *et al.*, 2006). با افزایش ADF، میزان TDN کاهش می‌یابد که توانایی حیوانات در استفاده از مواد مغذی موجود در علوفه را محدود می‌کند (Tiwana *et al.*, 2003). NDF برای پیش‌بینی DMI استفاده می‌شود و با DMI همبستگی منفی دارد (Horrocks & Vallentine, 1999). به‌عبارت دیگر، وقتی که میزان NDF علوفه افزایش می‌یابد، کیفیت

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای سطوح آبیاری × سیستم کودی بر عملکرد و کیفیت علوفه تاج خروس

سپوع آبیاری	سیستم‌های کودی	پروتئین	شوننده‌های اسیدی	شوننده‌های خنثی	مواد مغذی قابل هضم	ماده خشک	کربوهیدرات محلول
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده	تلفیقی	۲۷/۳۵a	۲۹/۵۶g	۵۰/۱۷۴	۶۳/۱۸a	۲/۳۹a	۱۵/۲۲a
	شیمیایی	۲۵/۵۶b	۳۳/۱۵۴	۵۴/۳۳de	۵۹/۳۳b	۲/۲۲b	۱۴/۴۸a
	ارگانیکی	۲۲/۹۶c	۳۳/۹۱def	۵۴/۷۶de	۵۷/۵۶bcd	۲/۱۸c	۱۳/۲۳bc
	شاهد	۲۰/۴۴ef	۳۵/۴۷c	۵۶/۳۶bc	۵۵/۵۵e	۲/۱۲ef	۱۱/۸e
آبیاری بعد از تخلیه ۶۰ درصد آب قابل استفاده	تلفیقی	۲۴/۷b	۳۲/۷۸۴	۵۳/۶۹e	۵۹/۰۱b	۲/۲۴b	۱۳/۵۳b
	شیمیایی	۲۳/۴۳c	۳۳/۴۹ef	۵۵/۴۶cd	۵۸/۱bc	۲/۱۶cde	۱۳/۰۶bc
	ارگانیکی	۲۱/۵۸d	۳۴/۷۱cde	۵۶/۱۲c	۵۶/۵۳cde	۲/۱۴def	۱۲/۵۲cde
	شاهد	۱۹/۵۶f	۳۷/۱۸ab	۵۷/۴۶ab	۵۳/۳۴fg	۲/۰۸gh	۱۰/۹۴f
آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده	تلفیقی	۲۱/۸۱d	۳۵/۱۶cd	۵۵/۲۷cd	۵۵/۹۴de	۲/۱۷cd	۱۲/۶۹cd
	شیمیایی	۲۱/۱۲de	۳۵/۳۶cd	۵۶/۳bc	۵۵/۶۹e	۲/۱۳ef	۱۲/۰۲de
	ارگانیکی	۲۰/۲۶ef	۳۵/۹۲bc	۵۶/۵۶abc	۵۴/۹۷ef	۲/۱۲fg	۱۱/۸۳e
	شاهد	۱۸/۲۵g	۳۷/۵۱a	۵۷/۶۵a	۵۲/۹۱g	۲/۰۷h	۱۰/۹f

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

ادامه جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای سطوح آبیاری × سیستم کودی بر عملکرد و کیفیت علوفه تاج خروس

سپوع آبیاری	سیستم‌های کودی	قابلیت هضم ماده خشک	انرژی ویژه شیردهی	ارزش نسبی تغذیه‌ای	فنل کل	فلاونوئید کل	عملکرد بیوماس	عملکرد پروتئین
		(%)	(%)	(%)	(mg/g DW)	(mg/g DW)	(g/plant)	(g/plant)
آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده	تلفیقی	۶۵/۸۶a	۱/۵۲a	۱۲۲/۰۹a	۴۴/۷۶a	۴/۳۶a	۱۵۲/۰۱a	۴۱/۶۰a
	شیمیایی	۶۳/۸۲b	۱/۴۴b	۱۰۹/۲۹b	۴۰/۲۵b	۳/۹۲b	۱۲۴/۴۱c	۳۰/۷۳b
	ارگانیکی	۶۲/۵d	۱/۴۱cd	۱۰۶/۱۸c	۳۷/۸۲cd	۳/۲۱d	۱۱۷/۶۶d	۲۹/۸۸b
	شاهد	۶۱/۲۶de	۱/۳۶f	۱۰۱/۰۷۴	۳۲/۱۴gh	۳/۰۵d	۹۲/۸۹h	۱۸/۹۸f
آبیاری بعد از تخلیه ۶۰ درصد آب قابل استفاده	تلفیقی	۶۳/۱۳c	۱/۴۴b	۱۰۹/۳۶b	۳۸/۷۳bc	۳/۵۱c	۱۳۰/۱۴b	۳۰/۰۷b
	شیمیایی	۶۲/۸c	۱/۴۲bc	۱۰۵/۴۱cd	۳۵/۹۱de	۳/۱۳d	۱۱۱/۳۴e	۲۶/۱c
	ارگانیکی	۶۰/۹۱de	۱/۳۹de	۱۰۰/۶۲۴	۳۳/۷۵fg	۳/۱۲d	۱۰۸/۹۵f	۲۳/۵۱d
	شاهد	۵۹/۹۳f	۱/۳۳g	۹۷g	۲۸/۷۵i	۲/۵۸fg	۹۰/۳۱i	۱۷/۶۷g
آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده	تلفیقی	۶۱/۵d	۱/۳۷ef	۱۰۳/۴۸de	۳۴/۳۷ef	۲/۸۱ef	۹۹/۱۳g	۲۱/۶۲e
	شیمیایی	۶۱/۳۵de	۱/۳۷ef	۱۰۱/۳۴ef	۳۴/۱۵efg	۲/۸ef	۹۰/۲۸i	۱۹/۰۸f
	ارگانیکی	۶۰/۷۳e	۱/۳۵f	۱۰۰/۱۵f	۳۰/۵۱hi	۲/۴۵gh	۸۹/۵۷i	۱۸/۱۴fg
	شاهد	۵۹/۶۷f	۱/۳۱g	۹۶/۲۵g	۲۸/۵۵i	۲/۲۲h	۷۷/۱۲j	۱۴/۰۷h

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



### ۳.۵. خاکستر علوفه

طبق نتایج حاصل، میزان خاکستر علوفه تاج‌خروس با اختلاف معنی‌داری در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل‌استفاده بیش‌تر بود (جدول ۴). در شرایط سامانه‌های مختلف مصرف کود، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان خاکستر علوفه به‌ترتیب ۱۰/۲۲ و ۸/۵ درصد تحت سیستم کودی ارگانیکی و بدون کود (شاهد) به‌دست آمد. به‌طوری‌که سیستم کودی زیستی و شیمیایی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ساده تیمار سطوح آبیاری و سیستم کودی بر خاکستر علوفه تاج‌خروس

سطوح آبیاری	خاکستر علوفه (%)
آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده	۱۰/۰۵a
آبیاری بعد از تخلیه ۶۰ درصد آب قابل استفاده	۹/۴۹b
آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده	۹/۰۴c

  

سیستم‌های کودی	خاکستر علوفه (%)
تلفیقی	۱۰/۲۲a
شیمیایی	۱۰a
ارگانیکی	۹/۳۸b
شاهد	۸/۵c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

درصد خاکستر علوفه در واقع بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی است، هرچه میزان خاکستر بیش‌تر باشد گیاه مواد معدنی بیش‌تری در اختیار دام قرار می‌دهد لذا ارزش غذایی علوفه برای دام بیش‌تر می‌شود (Jahanzad et al., 2013). عناصر معدنی در

علوفه به لحاظ این‌که در متابولیسم حیوان شرکت کرده و برای فعالیت سلول‌های بدن لازم می‌باشند، مهم هستند. عناصر معدنی می‌توانند در کیفیت علوفه مؤثر باشند. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد علت افزایش درصد خاکستر، همراه با بهبود جذب عناصر غذایی از طریق سیستم کوددهی در سطوح مختلف آبیاری این است که جذب عناصر غذایی باعث بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه شده و هر چه ریشه گیاه گسترش بیش‌تری داشته باشد، جذب مواد معدنی نیز بیش‌تر خواهد شد و گیاه علاوه بر تولید مواد آلی مقدار بیش‌تری نیز مواد معدنی را در خود نگه می‌دارد (Farahani & Chaichi, 2013). گزارش شده که کاربرد کودهای آلی، شیمیایی و کودهای زیستی باعث افزایش خاکستر علوفه گیاه ارزن شد (Ibrahim et al., 2015).

### ۳.۶. قابلیت هضم ماده خشک (DMD) و انرژی ویژه شیردهی (NEL)

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان قابلیت هضم ماده خشک (۶۵/۸۶ درصد) و میزان انرژی ویژه شیردهی (۱/۵۲ درصد) علوفه گیاه تاج‌خروس در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل‌استفاده در سیستم کودی تلفیقی به‌دست آمد. کاربرد سیستم کودی تلفیقی، شیمیایی و زیستی تأثیر معنی‌داری در افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک و میزان انرژی ویژه شیردهی در هر یک از سطوح آبیاری نسبت به تیمار بدون کود (شاهد) داشت. اما کم‌ترین میزان آن‌ها به‌ترتیب ۵۹/۶۷ و ۱/۳۱ درصد در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل‌استفاده و بدون کاربرد کود مشاهده شد. هم‌چنین تیمار بدون کاربرد کود تحت شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۶۰ و ۷۵ درصد آب قابل‌استفاده تأثیر یکسانی بر میزان قابلیت هضم ماده خشک و میزان انرژی ویژه

خوراک نسبی (RFV) شاخصی است که برای پیش‌بینی میزان مصرف و انرژی علوفه‌ای حاصل از DMI و DMD استفاده می‌شود (Lithourgidis et al., 2006). هرچه میزان DMI و DMD بیشتر باشد ارزش خوراک نسبی (RFV) بیشتر خواهد بود. مقادیر بالای NDF و ADF در تیمار بدون کاربرد کود (شاهد) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده می‌تواند به دلیل پایین بودن RFV علوفه آن باشد. در بین سامانه‌های مختلف مصرف کود، سیستم کودی تلفیقی بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش میزان RFV در سطوح مختلف آبیاری داشته است. افزایش RFV علوفه تاج‌خروس از افزایش DMI و DMD آن بر اثر سیستم کودی تلفیقی ناشی می‌شود. با توجه به این‌که DMI و DMD به ترتیب اثر همبستگی منفی با NDF و ADF علوفه دارند و با توجه به کاهش معنی‌دار این شاخص‌ها در سامانه‌های مختلف مصرف کود، افزایش RFV تاج‌خروس قابل‌انتظار است.

### ۳.۸. محتوای فنل و فلاونوئید کل

مقایسه میانگین عامل سیستم مختلف کودی در هر یک از سطوح آبیاری نشان داد که کاربرد سامانه‌های مختلف مصرف کود منجر به افزایش محتوای فنل و فلاونوئید کل شد. بیش‌ترین محتوای فنل کل (۴۴/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و فلاونوئید کل (۴/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل‌استفاده تحت سیستم کودی تلفیقی به‌دست آمد. هم‌چنین استفاده از سیستم کودی (تلفیقی، شیمیایی و ارگانیکی) در هر یک از شرایط آبیاری نقش مؤثر در افزایش محتوای فنل کل نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. درحالی‌که کم‌ترین میزان آن‌ها به ترتیب ۱۷/۷۵ و ۲/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده و بدون کاربرد کود به‌دست آمد (جدول ۳).

شیردهی نشان دادند (جدول ۳). در مرحله رشد رویشی به‌دلیل دسترسی بهتر گیاه به عناصر غذایی ماکرو و میکرو در تیمار کودهای آلی و زیستی به فرمی که به‌آسانی برای گیاه قابل‌جذب است، باعث تولید ماده خشک قابل هضم علوفه بیش‌تر شده و کارایی تبدیل عناصر مغذی را به‌وسیله حیوان بهبود می‌بخشد و علاوه بر این قابلیت هضم مهم‌ترین صفت برای افزایش وزن و تولید شیر می‌باشد، و ارتباط مستقیم با میزان انرژی و دیگر مواد مغذی قابل دریافت توسط دام دارد (Farahani & Chaichi, 2013). لذا افزایش درصد ماده خشک و پروتئین خام باعث خوشخوراکی گیاه برای دام و بهبود کیفیت علوفه می‌شود. به‌طوری‌که شرایط مطلوب آبیاری از طریق افزایش رشد و نمو گیاه سبب افزایش نسبت برگ به ساقه شده که همین امر سبب افزایش قابلیت هضم علوفه تاج‌خروس در شرایط انجام آبیاری شده است. با توجه به همبستگی منفی DDM با NDF و ADF علوفه (Li et al., 2010) و کاهش معنی‌دار NDF و ADF در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل‌استفاده در سیستم کودی تلفیقی، افزایش DMD قابل‌توجه است.

### ۳.۷. ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV)

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با تأخیر در آبیاری میزان ارزش نسبی تغذیه‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، درحالی‌که سیستم کودی تلفیقی در هر یک از سطوح آبیاری در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود (شاهد) تأثیر معنی‌داری در افزایش میزان ارزش نسبی تغذیه‌ای داشت، به‌طوری‌که بیش‌ترین (۱۲۲/۰۹ درصد) و کم‌ترین (۹۶/۲۵ درصد) میزان ارزش نسبی تغذیه‌ای به ترتیب در سیستم کودی تلفیقی و تیمار بدون کاربرد کود (شاهد) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ و ۷۵ درصد آب قابل‌استفاده به‌دست آمد (جدول ۳). ارزش

شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل‌استفاده و بدون کاربرد کود مشاهده شد. به‌طوری‌که گیاه تاج‌خروس از توانایی بالقوه بالاتری برای تولید علوفه در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ و ۶۰ درصد آب قابل‌استفاده نسبت به شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل‌استفاده در سیستم‌های مختلف کوددهی برخوردار است (جدول ۳). کمبود آب در گیاهان یکی از عوامل مهم کاهش محصولات است. گزارش شده است که تخلیه آب به میزان ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، وزن خشک کل بوته تاج‌خروس زراعی را به مقدار چشم‌گیری کاهش می‌دهد (Sarker & Oba, 2018). مقدار آب در خاک برای رشد مطلوب هر گیاه دارای حدی بهینه است که به هر میزان از این حد کم‌تر و یا بیش‌تر شود، رشد گیاه را کاهش خواهد داد. به‌طوری‌که تنش خشکی در گیاه، با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته‌شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک‌سو و اثر بر فعالیت‌های آنزیمی و فرایندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد می‌شود (Jamalluddin et al., 2019). به‌نظر می‌رسد افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی و به‌ویژه نیتروژن در سیستم کوددهی ارگانیک در طول دوره رشد گیاه، منابع غذایی به‌طور یکسان برای گیاهان تاج‌خروس در شرایط کم‌آبیاری فراهم شده که موجب بهبود رشد رویشی و افزایش عملکرد علوفه تاج‌خروس می‌شود (Chaudhary et al., 2018). در نتایج پژوهشی اظهار شده کاربرد کودهای آلی و دامی، به‌ویژه در خاک‌های سنگین، فشرده‌گی و تراکم خاک را کاهش داده و با افزایش خلل و فرج، آن موجب بهبود ساختمان خاک و تهویه مناسب می‌شود. لذا مجموعه این عوامل باعث می‌شود تا رشد و گسترش ریشه و دسترسی به عناصر غذایی افزایش یافته و در کل رشد عمومی گیاه افزایش می‌یابد (Efthimiadou et al., 2010).

از بین ترکیبات گیاهی که دارای خاصیت پاداکسایشی می‌باشند، ترکیبات فنلی توزیع گسترده‌ای در بسیاری از گیاهان دارند. این ترکیبات در گیاهان از طریق جاروب کردن رادیکال‌های آزاد و یا سازوکارهایی مثل خاموش کردن اکسیژن منفرد از اکسیداسیون لیپید جلوگیری می‌کند (Iwashina, 2003; Wu et al., 2004). در مطالعه حاضر تنش کم‌آبی موجب کاهش معنی‌داری در محتوای فنل و فلاونوئید تاج‌خروس شد. گزارش کردند که تنش کم‌آبی باعث کاهش میزان ترکیبات فنل و فلاونوئید در گیاه شمعدانی عطری<sup>۱</sup> شد (Amiri et al., 2017). این کاهش می‌تواند ناشی از تخریب این ترکیبات در اثر واکنش با ترکیبات اکسیداتیو در شرایط تنش کم‌آبی باشد. یا ممکن است ناشی از کاهش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین لیاز در شرایط تنش کم‌آبی باشد، زیرا این آنزیم یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های تنظیم‌کننده در مسیر بیوسنتز ترکیبات فنلی است (Aninbon et al., 2016). گزارش شده است که تجمع متابولیت‌های ثانویه (فنل، فلاونوئیدها) تحت تأثیر کودهای زیستی می‌تواند به دلیل افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی به‌ویژه کربن و نیتروژن باشد که موجب افزایش تولید ترکیبات فنلی می‌شود (Aseri et al., 2008; Dutta & Neog, 2016).

### ۳.۹. عملکرد بیوماس و عملکرد پروتئین علوفه

عملکرد بیوماس و عملکرد پروتئین علوفه تاج‌خروس با تأخیر در آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار عملکرد بیوماس و عملکرد پروتئین علوفه تاج‌خروس به ترتیب ۱۵۲/۰۱ و ۴۱/۶۰ گرم در بوته در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل‌استفاده تحت سیستم کودی تلفیقی به‌دست آمد. اما، کم‌ترین مقدار هر یک از صفات مذکور به ترتیب ۷۷/۱۲ و ۱۴/۰۷ گرم در بوته در

1. *Pelargonium graveolens* L.

#### ۴. نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که کم آبیاری باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک، مواد مغذی قابل هضم، ارزش نسبی تغذیه‌ای، انرژی ویژه شیردهی، ماده خشک مصرفی و تولید علوفه گیاه تاج‌خروس شد و بالاترین میزان عملکرد پروتئین و عملکرد علوفه در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده تحت سیستم کودی تلفیقی به دست آمد. به گونه‌ای که گیاه تاج‌خروس از توانایی بالقوه بالاتری برای تولید علوفه در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ و ۶۰ درصد آب قابل استفاده نسبت به شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده در سیستم کوددهی تلفیقی و ارگانیک برخوردار است. از طرف دیگر، علوفه حاصل از سیستم‌های مختلف کوددهی (تلفیقی، شیمیایی و زیستی) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ و ۶۰ درصد آب قابل استفاده از نظر قابلیت هضم ماده خشک، مواد مغذی قابل هضم، ارزش نسبی تغذیه‌ای، انرژی ویژه شیردهی، ماده خشک مصرفی غنی‌تر بود. بنابراین کاربرد کودهای زیستی به‌تنهایی و یا در ترکیب با کود شیمیایی علاوه بر بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه گیاه تاج‌خروس در پایداری تولید و حفظ محیط زیست تأثیر مثبتی داشته و با توجه به ضرورت تولید گیاهان علوفه‌ای در نظام‌های زراعی از یک‌طرف و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم‌نهاد، به‌نظر می‌رسد کاربرد تلفیقی کودهای تلفیقی جایگزین مناسبی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ و ۶۰ درصد آب قابل استفاده نسبت به شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۵ درصد آب قابل استفاده باشد.

#### ۵. تشکر و قدردانی

از همکاران ارجمند در دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه و

بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی و دیگر همکاران ارجمند تشکر و قدردانی می‌گردد.

#### ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

#### ۷. 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*). *Animal Feed Science and Technology*, 171(1), 6-13.
- Amiri, R., Nikbakht, A., Rahimmalek, M., & Hosseini, H. (2017). Variation in the essential oil composition, antioxidant capacity, and physiological characteristics of *Pelargonium graveolens* L. inoculated with two species of mycorrhizal fungi under water deficit conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(2), 502-515.
- Aninbon, C., Jogloy, S., Vorasoot, N., Patanothai, A., Nuchadomrong, S., & Senawong, T. (2016). Effect of end of season water deficit on phenolic compounds in peanut genotypes with different levels of resistance to drought. *Food Chemistry*, 196, 123-129.
- Aseri, G.K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A.V., & Meghwal, P.R. (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. *Scientia horticulturae*, 117(2), 130-135.
- Ayneband, A., Mohammadi, M.R., & Fateh, E. (2017). Fodder production of two Amaranth (*Amaranthus* spp. L.) cultivars affected by organic and chemical fertilizer management. *Agroecology*, 9(3), 90-102.
- Chaudhary, B.M., Varma, L.R., More, S.G., Acharya, M.D., & Rabari, S.S. (2018). Effect of biofertilizers and different sources of organic manures on growth parameters and yield attributes of amaranth (*Amaranthus* Spp.) Cv. *Arka Suguna*, 90(2), 60-72.
- Chen, S., Huo, Z., Xu, X., & Huang, G. (2019). A conceptual agricultural water productivity model considering under field capacity soil water redistribution applicable for arid and semi-arid areas with deep groundwater. *Agricultural Water Management*, 213(1), 309-323.

- Dutta, S.C., & Neog, B. (2016). Accumulation of secondary metabolites in response to antioxidant activity of turmeric rhizomes co-inoculated with native arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria. *Scientia Horticulturae*, 204(1), 179-184.
- Efthimiadou, A., Bilalis, D., Karkanis, A., & Froud-Williams, B. (2010). Combined organic/inorganic fertilization enhance soil quality and increased yield, photosynthesis and sustainability of sweet maize crop. *Australian Journal of Crop Science*, 4(9), 722.
- Farahani, S.M., & Chaichi, M.R. (2013). Whole forage barley crop quality as affected by different deficit irrigation and fertilizing systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(20), 2961-2973.
- Fereres, E., & García-Vila, M. (2019). Irrigation Management for Efficient Crop Production. *Crop Science*, 5(10): pp 345-360.
- Horrocks, R.D., & Vallentine, J.F. (1999). *Harvested Forages*. Academic Press, London, UK.
- Horwitz, W. (1984). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 14<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Ibrahim, H.I., Hassanen, S.A., & Hassan, E.L. (2015). Performance of forage millet in response to different combinations of organic-, inorganic-and bio-fertilizers. *World Journal of Agricultural Sciences*, 11(6), 423-431.
- Iwashina, T. (2003). Flavonoid function and activity to plant and other organisms. *Biological Sciences in Space*, 17(1), 24-44.
- Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A., & Walsh, E.J. (2003). A note on estimation of quality parameters in perennial ryegrass by near infrared reflectance spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 4(2): pp 293-299.
- Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M.R., & Dashtaki, M. (2013). Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural Water Management*, 117(1), 62-69.
- Jamalluddin, N., Massawe, F.J., & Symonds, R.C. (2019). Transpiration efficiency of Amaranth (*Amaranthus* sp.) in response to drought stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 94(4), 448-459.
- Jia, Z., Tang, M., & Wu, J. (1999). The determination of flavonoid content in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(1), 555-559.
- Li, H., Li, L., Wegenast, T., Longin, C.F., Xu, X., Melchinger, A.E., & Chen, S. (2010). Effect of N supply on stalk quality in maize hybrids. *Field Crops Reserch*, 118(1), 208-214.
- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., & Yiakoulaki, M.D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 99(1), 106-113.
- Liu, F., & Stützel, H. (2004). Biomass partitioning, specific leaf area and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*, 102(1), 15-27.
- Materechera, S.A., & Medupe, M.L. (2006). Effects of cutting frequency and nitrogen from fertilizer and cattle manure on growth and yield of leaf amaranth (*Amaranthus hybridus*) in a South African semi-arid environment. *Biological agriculture and horticulture*, 23(3), 251-262.
- Mehmood, U., Inam-ul-Haq, M., Saeed, M., Altaf, A., Azam, F., & Hayat, S. (2018). A brief review on plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a key role in plant growth promotion. *Plant Production*, 2(2), 77-82.
- Ogedegbe, S.A., Ajala, B.A., & Ogah, J.J. (2013). Effect of organic fertilizers on leaf and seed yields of amaranth (*Amaranthus species* L.) varieties in vom, Nigeria. *Nigeria Journal of Agriculture, Food and Environment*, 9(4), 13-18.
- Pholsen, S., & Suksri, A. (2004). Effect of organic amendment and chemical fertilizer on growth, yield and fodder quality of a forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(4), 651-657.
- Sardrood, S.N.E., Raei, Y., Pirouz, A.B., & Shokati, B. (2013). Effect of chemical fertilizers and bio-fertilizers application on some morpho-physiological characteristics of forage sorghum. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(2), 223-231.
- Sarker, U., & Oba, S. (2018). Drought stress effects on growth, ROS markers, compatible solutes, phenolics, flavonoids, and antioxidant activity in *Amaranthus tricolor*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 186(4), 999-1016.
- Sarmadi, B., Rouzbehan, Y., & Rezaei, J. (2016). Influences of growth stage and nitrogen fertilizer on chemical composition, phenolics, in situ degradability and in vitro ruminal variables in amaranth forage. *Animal Feed Science and Technology*, 215(1), 73-84.

- Schahbazian, N., & Kamkar, B. (2006). Evaluation of amaranth production possibility in arid and semi arid regions of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(4), 580-585.
- Shahin, M.G., Abdrabou, R.T., Abdelmoemn, W.R., & Hamada, M.M. (2013). Response of growth and forage yield of pearl millet (*Pennisetum galucum*) to nitrogen fertilization rates and cutting height. *Annals of Agricultural Sciences*, 58(2), 153-162.
- Tiwana, U.S., Puri, K.P., & Singh, S. (2003). Fodder yield and quality of multicut pearl millet (*Pennisetum glaucum*) as influenced by nitrogen and phosphorus under Punjab conditions. *Forage Response*, 28(4), 190-193.
- Tudeshki, M.R.M., Ayenehband, A., & Fateh, E. (2017). Study the effect of organic fertility methods on quality and quantity of fodder Amaranth (*Amaranthus* spp. L.). *Journal of Field Crop Science*, 47(4), 585-593.
- Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E., & Prior, R.I. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(1), 4026-4037.
- Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., & Esmaili, M.A. (2009). Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 49(1), 90-92.