



Effect of Harvesting Time on Quantitative and Qualitative Characteristics of Safflower Cultivars Forage in Autumn Planting

Hamid Jabbari¹ | Farid Golzardi² | Farnaz Shariati³ | Hormoz Asadi⁴

1. Corresponding Author, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: h.jabbari@areeo.ac.ir
2. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: f.golzardi@areeo.ac.ir
3. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: f.shariati@areeo.ac.ir
4. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: hasadi@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received: December 12, 2021
Received in revised form:
June 27, 2022
Accepted: July 31, 2022
Published online: April 16, 2023

Keywords:

Crude protein,
cultivar,
dry matter yield,
forage digestibility,
relative feed value,
safflower.

ABSTRACT

In order to evaluate the quantity and quality of safflower cultivars forage in three forage harvesting times based on plant phenological stages, the present study has been conducted in a randomized complete block design with split-plot in time arrangements with three replications at the Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karaj, Iran, during 2018-2019 and 2019-2020 cropping seasons. The main factor includes three safflower cultivars (Goldasht, Golmehr, and Parnian), with three forage harvesting time (namely stem elongation, branching, and flowering stages) considered as the sub-factor. The effect of year only on plant height and water-soluble carbohydrates (WSC) has been significant ($P \leq 0.05$). The results show that the interaction effect of cultivar \times harvesting time on the fresh forage yield, plant height, WSC, and neutral detergent fiber (NDF) has been significant ($P \leq 0.01$). The highest fresh forage yield (52103 kg ha^{-1}) is obtained by harvesting the Golmehr cultivar at the beginning of flowering; however, the highest dry matter yield is observed in Golmehr and Parnian cultivars. The highest dry matter yield has been observed in the branching stage (11900 kg ha^{-1}), with the crude protein content in this stage being 14.57%. In contrast, the maximum crude protein content is observed in the flowering stage (19.22%), even though the mean dry matter yield at this stage has been 9937 kg ha^{-1} . The maximum and minimum RFV (130.3% and 92.3%) are recorded in the forage of Goldasht and Golmehr cultivars, respectively. Therefore, among the studied cultivars, Parnian, and among the growth stages, forage harvesting at the branching stage is introduced as the superior treatment to achieve maximum yield and quality of safflower forage.

Cite this article: Jabbari, H., Golzardi, F., Shariati, F., & Asadi, H. (2023). Effect of Harvesting Time on Quantitative and Qualitative Characteristics of Safflower Cultivars Forage in Autumn Planting. *Journal of Crops Improvement*, 25 (1), 65-81. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.335529.2654>





اثر زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه ارقام گلرنگ در کشت پاییزه

حمید جباری^۱ | فرید گل‌زردی^۲ | فرناز شریعتی^۳ | هرمز اسدی^۴

۱. نویسنده مسئول، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: h.jabbari@areeo.ac.ir
۲. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: f.golzardi@areeo.ac.ir
۳. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: f.shariati@areeo.ac.ir
۴. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: hasadi@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

مطالعه حاضر با هدف بررسی کمی و کیفی علوفه ارقام گلرنگ در سه زمان برداشت علوفه براساس مراحل نمو گیاه به صورت آزمایش کرت‌های خردشده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. عامل اصلی شامل سه رقم گلرنگ (گلدشت، گل‌مهر و پرنیان) بود و سه زمان برداشت علوفه (مراحل رشد سریع ساقه، شاخه‌دهی و گل‌دهی) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. اثر سال تنها بر صفات ارتفاع بوته و کربوهیدرات‌های محلول در آب در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل نشان داد که اثر متقابل رقم × زمان برداشت بر عملکرد علوفه تر، ارتفاع بوته، کربوهیدرات‌های محلول در آب و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد علوفه تر (۵۲۱۰۳ کیلوگرم در هکتار) با برداشت رقم گل‌مهر در مرحله آغاز گل‌دهی به دست آمد، اما بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در ارقام گل‌مهر و پرنیان مشاهده شد. در مرحله شاخه‌دهی بیش‌ترین عملکرد ماده خشک به میزان ۱۱۹۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و محتوای پروتئین خام در این مرحله ۱۴/۵۷ درصد بود. در مقابل حداکثر محتوای پروتئین خام در مرحله گل‌دهی و به میزان ۱۹/۲۲ درصد حاصل شد، اما میانگین عملکرد ماده خشک در این مرحله ۹۹۳۷ کیلوگرم در هکتار بود. حداکثر و حداقل ارزش نسبی تغذیه‌ای (۱۳۰/۳ و ۹۲/۳ درصد) به ترتیب در علوفه ارقام گلدشت و گل‌مهر به ثبت رسید. بر این اساس، از بین ارقام موردبررسی رقم پرنیان و از بین مراحل رشد، برداشت علوفه در مرحله شاخه‌دهی به عنوان تیمار برتر برای دستیابی همزمان به حداکثر عملکرد و کیفیت علوفه گلرنگ معرفی می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷

کلیدواژه‌ها:

ارزش نسبی تغذیه‌ای، پروتئین خام، رقم، عملکرد ماده خشک، قابلیت هضم علوفه، گلرنگ.

استناد: جباری، ح.، گل‌زردی، ف.، شریعتی، ف. و اسدی، ه. (۱۴۰۲). اثر زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه ارقام گلرنگ در کشت پاییزه. *به زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۱)، ۶۵-۸۱. DOI: <http://doi.org/10.22059/jci.2022.335529.2654>



۱. مقدمه

یکی از عوامل مهم محدودکننده در توسعه صنعت دامپروری و تولید محصولات دامی، تأمین علوفه به‌منظور تغذیه دام است و با توجه به افزایش تقاضا برای مصرف پروتئین حیوانی و به‌دنبال آن افزایش تعداد دام و از طرف دیگر فشار روزافزون بر مراتع، مشکل تأمین علوفه شدیدتر شده و ضرورت تولید آن روبه‌روز بیش‌تر احساس می‌شود (Jahanzad *et al.*, 2021; Ashoori *et al.*, 2013). تأمین علوفه از طریق کشت گیاهان علوفه‌ای مناسب و سازگار با شرایط آب‌وهوایی کشور گامی مؤثر و اساسی جهت کاهش فشار بر مراتع خواهد بود (Khazaei *et al.*, 2019). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی چندمنظوره است که به‌عنوان یک دانه روغنی، گیاه دارویی و نیز گیاهی علوفه‌ای کشت می‌شود. هم‌چنین گلرنگ یک محصول روغنی جایگزین سویا است که می‌تواند به‌عنوان خوراک دام در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده شود (Ozek, 2017). گلرنگ به‌صورت چرا، انبار و سیلو برای دام قابل استفاده می‌باشد. علوفه گلرنگ خوش خوراک و ارزش غذایی و عملکرد آن شبیه یا بهتر از یولاف است. قابلیت جذب و هضم علوفه سبز شبیه به مخلوط ماشک-یولاف است (Emongor, 2010).

گلرنگ اگر در مرحله گل‌دهی یا حتی پس از گل‌دهی برداشت شود، یک علوفه قابل‌قبول را ایجاد می‌کند (Bergland *et al.*, 2007). علوفه تازه گلرنگ از نظر ارزش غذایی با یک علوفه مرتعی خوب برابری می‌کند و از نظر وزن خشک تفاوت چندانی با یونجه ندارد (Ravi *et al.*, 2008). تنوع ژنتیکی زیادی در بین ۲۴ ژنوتیپ بی‌خار گلرنگ به‌همراه سه رقم شاهد فرامان، سینا و گلدشت از نظر صفات زراعی و کیفیت علوفه گزارش شده است (Pourdad *et al.*, 2015). بررسی کیفیت و مواد مغذی علوفه گلرنگ نشان داده است که ژنوتیپ‌های گلرنگ به‌طور عمده دارای میزان پروتئین خام بالای ۱۰ درصد بوده و ژنوتیپ‌های اسلام‌آباد ۲/۴ و داراب ۵ با میزان پروتئین خام بالای ۱۳ درصد نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به علوفه یونجه از نظر میزان پروتئین خام بوده‌اند. در مجموع بررسی پارامترهای کیفیت علوفه در ژنوتیپ‌های گلرنگ نشان داده است که تمامی ژنوتیپ‌های تحت بررسی ارزش علوفه‌ای بالایی داشته و به‌عنوان علوفه دامی قابلیت کشت را دارند (Pourdad *et al.*, 2015).

زمان برداشت محصول بستگی به فاکتورهای مختلفی از جمله هدف تولید و نوع مصرف (سیلویی، علوفه تر، علوفه خشک و چرای مستقیم) دارد (Khazaei *et al.*, 2019) و به‌عنوان یکی از فاکتورهای مهم و مؤثر بر کمیت و کیفیت علوفه، نقش عمده‌ای بر روی خوشخوراکی، قابلیت هضم و ارزش غذایی علوفه دارد (Ronga *et al.*, 2020). در بررسی اثر زمان برداشت و خشک‌شدن بر عملکرد کمی و کیفی علوفه گلرنگ گزارش شد که در بین تیمارهای برداشت علوفه گلرنگ در سه مرحله ظهور کامل جوانه‌های اصلی و اولیه، ظهور کامل جوانه‌های ثانویه و ۲۵ درصد گل‌دهی بهترین نتیجه در مرحله آغاز گل‌دهی حاصل شده است (Cazzato *et al.*, 2011). در مطالعه دیگری نیز بیش‌ترین میزان ماده خشک تولیدی گلرنگ از مراحل آغازین گلدهی به‌دست آمد (Steberl *et al.*, 2020b). هم‌چنین اذعان شده است که برداشت زودهنگام‌تر علوفه گلرنگ در مراحل قبل از گل‌دهی باید همراه با قراردادن یک‌روزه علوفه کف‌بر شده روی زمین باشد تا مقدار ماده خشک افزایش یابد و میزان اسیدلاکتیک، اسیداستیک و سایر مواد ضد تغذیه‌ای کاهش محسوسی یابد (Cazzato *et al.*, 2011).

گلرنگ بدون خار پتانسیل قابل‌توجهی برای تغذیه نشخوارکنندگان در مناطق آب‌وهوایی مدیترانه‌ای دارد و مطالعات بیش‌تر در حال انجام است تا به‌طور کامل توصیف گلرنگ به‌عنوان منبع علوفه تازه و حفظ شده برای سیستم‌های تولید دام در مرکز ایتالیا انجام شود (Danieli *et al.*, 2011). میزان پروتئین و فیبر بستگی به مرحله گیاه دارد و با پیشرفت بلوغ گیاه محتوای پروتئین کاهش و فیبر افزایش می‌یابد (Keba *et al.*, 2013). در بررسی کیفیت علوفه گلرنگ در پنج

مرحله مختلف رشدی مشخص شده است که با افزایش سن گیاه و با وجود افزایش ماده خشک تولیدی، کیفیت علوفه گلرنگ کاهش می‌یابد (Peiretti, 2009). در مراحل انتهایی رشد گیاه گلرنگ محتوای خاکستر و پروتئین خام کاهش و فیبر خام افزایش یافته است. دلیل این موضوع جابه‌جایی تدریجی محتوای لیپیدی سلول‌ها از ساقه و برگ به دانه ذکر شده است. همچنین بیان شده است که در مراحل اولیه گل‌دهی میزان خاکستر علوفه گلرنگ به کم‌ترین حد خود رسیده است (Peiretti, 2009).

در مطالعه دیگری بررسی ارزش تغذیه‌ای گیاه گلرنگ به‌عنوان خوراک دام در شرایط نیمه‌خشک جنوب آفریقا نشان داده است که ماده خشک گلرنگ، پروتئین خام، شوینده فیبر خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و درصد خاکستر در نه ژنوتیپ گلرنگ (هشت ژنوتیپ خارجی و یک ژنوتیپ محلی) بسته به فصل رشد به‌طور قابل‌توجهی متفاوت بودند (Kereilwe *et al.*, 2020). در ارزیابی علوفه دو رقم گلرنگ (گلدشت و فرامان) در مرحله قبل از گلدهی نشان داده شد که در شرایط دیم، در تراکم بذر ۲۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد علوفه تر ۲۶۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و با افزایش میزان مصرف بذر به ۶۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد علوفه تر تا بیش از ۵۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. همچنین بیش‌ترین میزان پروتئین اندام هوایی گلرنگ ۱۹/۳۵ درصد ذکر شده است (Delfani *et al.*, 2013).

بر این اساس بررسی کیفیت علوفه گلرنگ از نظر صفات مطلوب مانند قابلیت هضم ماده خشک، ماده خشک قابل هضم، پروتئین خام، کربوهیدرات‌های محلول در آب و ارزش نسبی تغذیه‌ای در ارقام گلرنگ می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی آینده مدنظر قرار داده شود. از این‌رو هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه در سه رقم گلرنگ در کشت پاییزه می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

این پروژه طی سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹ در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در جاده محمدشهر کرج (استان البرز) با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا اجرا شد. این منطقه براساس آمار آب‌وهوایی و منحنی آمیروترمیک به‌دلیل داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز خشک، جزو مناطق آب‌وهوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزو رژیم رطوبتی خشک محسوب می‌شود. براساس اطلاعات ۳۰ ساله هواشناسی استان البرز، متوسط بارندگی منطقه ۲۴۳ میلی‌متر در سال است. ریزش باران بیش‌تر در اواخر پاییز و اوایل بهار رخ می‌دهد. میانگین حداکثر درجه حرارت سالانه در تیرماه، ۲۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل درجه حرارت، یک درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه اتفاق می‌افتد. متوسط درجه حرارت منطقه در یک دوره ۳۰ ساله برابر ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت خاک، ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

سال	عمق خاک	بافت خاک	اسیدیته خاک (pH)	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS/m)	نیترژن کل (%)	فسفر قابل‌جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل‌جذب (mg/kg)	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)
۱۳۹۷	۰-۳۰	لومی -رسی	۷/۲۴	۰/۵۸	۲/۲۲	۰/۰۶	۱۲/۶	۲۵۶	۲۴	۲۷	۴۹
۱۳۹۸	۰-۳۰		۷/۳۰	۰/۶۰	۲/۰۱	۰/۰۶	۱۳/۵	۲۷۳	۲۴	۲۷	۴۹

۱.۲. طرح آماری و تیمارهای مورد مطالعه

این پژوهش به صورت آزمایش کرت‌های خردشده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سه رقم گلرنگ به نام‌های گل‌دشت، گل‌مهر و پرنیان بود و سه زمان برداشت علوفه در مراحل ۵۰ درصد رشد سریع ساقه (کد ۳۵ از مقیاس BBCH)، ۵۰ درصد شاخه‌دهی (کد ۵۵ از مقیاس BBCH) و پنج درصد گل‌دهی (کد ۶۱ از مقیاس BBCH)، به عنوان تیمارهای کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند (Flemmer *et al.*, 2015). ویژگی‌های ارقام گلرنگ مورد مطالعه در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های زراعی ارقام گلرنگ مورد آزمایش

مشخصات زراعی	گل‌دشت	گل‌مهر	پرنیان
تیپ رشد	بهاره (متحمل به سرما)	پاییزه	بهاره
رنگ گل	قرمز	قرمز	سفید
مبدأ	ایران	ایران	ایران
طول دوره رشد	۲۵۵ روز (زودرس)	۲۷۰ روز (دیررس)	۲۶۰ روز (نسبتاً زودرس)
ارتفاع بوته	پاکوتاه	پابلند	نیمه پاکوتاه
وضعیت خار	بدون خار	بدون خار	بدون خار

کاشت در طی دو سال مورد مطالعه به ترتیب در ۲۰ و ۱۳ مهرماه انجام شد و بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط چهار متری بود و کاشت به صورت کشت دوخطی روی پشته‌هایی با فاصله ۶۰ سانتی‌متر (فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر)، فاصله بین بوته‌ها چهار سانتی‌متر و تراکم ۸۳ بوته در مترمربع با میزان بذر مصرفی ۳۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد. تعداد دفعات آبیاری در سطوح تیمار زمان برداشت علوفه متفاوت بود. در زمان برداشت علوفه در مرحله ۵۰ درصد رشد سریع ساقه دو نوبت آبیاری در مراحل سبز شدن و استقرار گیاهچه، در زمان برداشت علوفه در مرحله ۵۰ درصد شاخه‌دهی سه نوبت آبیاری در مراحل سبز شدن، استقرار گیاهچه و شاخه‌دهی و در زمان برداشت علوفه در مرحله پنج درصد گل‌دهی چهار نوبت آبیاری در مراحل سبز شدن، استقرار گیاهچه، شاخه‌دهی و غنچه‌دهی صورت گرفت.

کوددهی براساس نتایج تجزیه خاک مزرعه (جدول ۱) و توصیه کودی، اقدام به کودپاشی (۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص از منابع کودی اوره و فسفات آمونیوم، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به صورت سرک در مرحله رشد سریع ساقه از منبع کودی اوره، ۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص به صورت سرک در مرحله تکمه‌دهی از منبع کودی اوره و ۵۰ کیلوگرم فسفر از منبع کودی فسفات آمونیوم) شد. در طول دوره رشد برای مبارزه با علف‌های هرز نازک‌برگ علف‌کش گالانت به نسبت یک در هزار استفاده شد.

نمونه‌برداری برای بررسی صفات کمی و کیفی علوفه براساس تیمارهای آزمایشی طی سه مرحله ۵۰ درصد رشد سریع ساقه، ۵۰ درصد شاخه‌دهی و ۵ درصد گل‌دهی انجام شد. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، نمونه‌برداری از هر کرت با حذف دو ردیف کناری و یک متر از ابتدا و انتهای خطوط میانی انجام شد. جهت تعیین عملکرد علوفه تر در هر کرت بوته‌ها از بالای طوقه برداشت و بلافاصله توزین شدند. به منظور تعیین عملکرد ماده خشک، از هر کرت پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و توزین شد. در مرحله بعد نمونه‌ها در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت (تا ثابت شدن وزن نمونه) خشک شدند. در نهایت وزن نمونه‌های خشک‌شده اندازه‌گیری شد و براساس میزان کاهش وزن نمونه‌ها و درصد ماده خشک آن‌ها، عملکرد ماده خشک در هر کرت محاسبه شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته نیز طول گیاه از یقه تا انتهای گل‌آذین با استفاده از خط‌کش در ۱۰ بوته که به طور تصادفی در مرحله قبل از برداشت علوفه انتخاب شده بودند، تعیین شد. به منظور ارزیابی ویژگی‌های کیفی علوفه، نمونه‌های خشک‌شده به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات

جنگل‌ها و مراتع منتقل شدند. محتوای خاکستر، پروتئین خام و الیاف خام با استفاده از روش‌های استاندارد بین‌المللی از نمونه‌های آسیاب‌شده اندازه‌گیری شدند (AOAC, 2012). برای تعیین قابلیت هضم ماده خشک^۱ از روش Horrocks & Vallentine (1999) استفاده شد و میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب با استفاده از روش فنول- سولفوریک‌اسید تعیین شد (Dubois *et al.*, 1956). محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی^۲ (شامل سلولز و لیگنین) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی^۳ (شامل سلولز، لیگنین و همی‌سلولز) نیز طبق روش آنکوم^۴ اندازه‌گیری شد (Van Soest, 2016). ماده خشک مصرفی توسط دام^۵ با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Jahanzad *et al.*, 2013).

$$\text{رابطه ۱)} \quad \text{DMI} = 120 / \text{NDF}$$

که در آن، DMI ماده خشک مصرفی توسط دام (برحسب درصد از وزن بدن دام) و NDF الیاف نامحلول در شوینده خنثی (برحسب درصد) می‌باشد. کل مواد مغذی قابل هضم^۶ با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Jahanzad *et al.*, 2013).

$$\text{رابطه ۲)} \quad \text{TDN} = (-1.291 \times \text{ADF}) + 101.35$$

که در آن، TDN کل مواد مغذی قابل هضم (برحسب درصد) و ADF الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (برحسب درصد) می‌باشد. ارزش نسبی تغذیه‌ای^۷ علوفه با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Jahanzad *et al.*, 2013).

$$\text{رابطه ۳)} \quad \text{RFV} = \text{DDM} \times \text{DMI} \times 0.775$$

که در آن، RFV ارزش نسبی تغذیه‌ای (برحسب درصد)، DDM و DMI به‌ترتیب درصد ماده خشک قابل هضم و ماده خشک مصرفی توسط دام (برحسب درصد از وزن بدن دام) می‌باشد.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از آزمون بارتلت جهت آگاهی از همگن‌بودن واریانس‌ها، براساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل معنی‌دار به روش برش‌دهی انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. عملکرد علوفه تر

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال بر عملکرد علوفه تر گل‌رنگ معنی‌دار نبود، اما تأثیر تیمارهای آزمایشی رقم و زمان برداشت و هم‌چنین اثر متقابل رقم × زمان برداشت بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین عملکرد علوفه تر گل‌رنگ (۵۲۱۰۳ کیلوگرم در هکتار) با برداشت علوفه رقم گل‌مهر در مرحله آغاز گل‌دهی به‌دست آمد (جدول ۵). هم‌چنین در تیمار برداشت علوفه در مرحله شاخه‌دهی نیز رقم گل‌مهر با میانگین ۴۱۲۴۵ کیلوگرم در هکتار برتر از دو رقم دیگر بود. در مقابل در تیمار برداشت علوفه در مرحله ساقه‌دهی تفاوتی بین ارقام مختلف از نظر عملکرد علوفه تر مشاهده نشد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد تولید بیوماس بیش‌تر در رقم گل‌مهر به‌دلیل دیررس‌بودن و ارتفاع بوته بیش‌تر در مقایسه با دو رقم بهاره و زودرس گلدشت و پرنیان بوده است (جدول‌های ۴ و ۵). نتایج یک بررسی نشان داده است که با تأخیر در برداشت، عملکرد علوفه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Muhammad *et al.*, 2002).

1. Dry Matter Digestibility (DMD)

2. Acid Detergent Fiber (ADF)

3. Neutral Detergent Fiber (NDF)

4. Ankom

5. Dry matter intake (DMI)

6. Total digestible nutrients (TDN)

7. Relative feed value (RFV)

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه ارقام گلرنگ در مراحل برداشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد علوفه تر	عملکرد ماده خشک	ارتفاع بوته
سال	۱	۳۱۵۴۹۵۸۴۵ ^{ns}	۲۴۹۷۳۶۸۰ ^{ns}	۱۹۲/۶*
سال × تکرار	۲	۵۴۷۶۲۱۷۵	۷۱۰۲۶۸۳	۷/۰
رقم	۲	۱۷۰۲۲۵۱۸۲**	۹۶۲۷۰۹۲*	۴۵۳۶/۹**
سال × رقم	۲	۱۵۱۱۱۴۶۳ ^{ns}	۲۰۰۶۹۹۰ ^{ns}	۳۵/۳ ^{ns}
خطای کرت اصلی	۸	۱۱۳۰۷۴۴۲	۲۱۵۶۲۴۳	۲۲/۵
زمان برداشت	۲	۱۱۷۱۳۵۵۷۹۱**	۴۰۷۵۲۴۳۳**	۷۴۶۷/۱**
سال × زمان برداشت	۲	۳۴۲۵۵۴۸ ^{ns}	۲۶۴۵۹۷۳ ^{ns}	۳۲/۶ ^{ns}
رقم × زمان برداشت	۴	۴۰۱۳۸۸۷۰**	۲۸۹۳۹۴۴ ^{ns}	۱۹۲/۹**
سال × رقم × زمان برداشت	۴	۷۴۵۳۹۶۱ ^{ns}	۱۸۵۵۶۱۵ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}
خطای کرت فرعی	۲۴	۲۷۶۵۰۶۳	۱۴۹۵۶۰۹	۲۷/۱
ضریب تغییرات (%)		۴/۳	۱۱/۹	۳/۹

ns ** و * غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ یا ۵ درصد.

ادامه جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه ارقام گلرنگ در مراحل برداشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کربوهیدرات‌های محلول در آب	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	الیاف نامحلول در شوینده خنثی
سال	۱	۲۱/۴۷*	۰/۳۶ ^{ns}	۶۴/۰ ^{ns}
سال × تکرار	۲	۰/۷۰	۱/۶۶	۸/۶
رقم	۲	۱۸۲/۸۵**	۱۷۴/۵**	۷۹۳/۵**
سال × رقم	۲	۰/۳۲ ^{ns}	۲/۴۴ ^{ns}	۹/۷ ^{ns}
خطای کرت اصلی	۸	۶/۲۳	۱۸/۵۵	۵۳/۴
زمان برداشت	۲	۴۹/۴**	۲۷۸/۵۳**	۸۹۸/۷**
سال × زمان برداشت	۲	۲/۹۵ ^{ns}	۳/۵۲ ^{ns}	۱۶/۵ ^{ns}
رقم × زمان برداشت	۴	۵/۴۰**	۱/۰۰ ^{ns}	۵۵/۸*
سال × رقم × زمان برداشت	۴	۰/۴۷ ^{ns}	۱/۶۹ ^{ns}	۹/۷ ^{ns}
خطای کرت فرعی	۲۴	۰/۸۸	۲/۵۹	۱۴/۴
ضریب تغییرات (%)		۷/۴	۵/۱	۶/۷

ns ** و * غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ یا ۵ درصد.

ادامه جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه ارقام گلرنگ در مراحل برداشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ماده خشک قابل هضم	ماده خشک مصرفی توسط دام	کل مواد مغذی قابل هضم
سال	۱	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۶ ^{ns}
سال × تکرار	۲	۱/۰۱	۰/۰۶	۲/۷
رقم	۲	۱۰۵/۹۲**	۱/۵۶**	۲۹۰/۷**
سال × رقم	۲	۱/۴۸ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۴/۰ ^{ns}
خطای کرت اصلی	۸	۱۱/۲۴	۰/۱۰	۳۰/۹
زمان برداشت	۲	۱۶۸/۹۹**	۰/۴۵**	۴۶۴/۲**
سال × زمان برداشت	۲	۲/۱۳ ^{ns}	۰/۹۳**	۵/۸ ^{ns}
رقم × زمان برداشت	۴	۰/۶۰ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۱/۶ ^{ns}
سال × رقم × زمان برداشت	۴	۱/۰۲ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۲/۸ ^{ns}
خطای کرت فرعی	۲۴	۱/۵	۰/۰۸	۴/۳
ضریب تغییرات (%)		۱/۹	۱۳/۰	۳/۴

ns ** و * غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ یا ۵ درصد.

جدول ۴. اثر سال، رقم و زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه گلرنگ

تیمار	عملکرد علوفه تر (kg.ha ⁻¹)	عملکرد ماده خشک (kg.ha ⁻¹)	ارتفاع بوته (cm)	محتوای پروتئین خام (%)
سال				
سال اول	۳۵۶۲۶ ^a	۹۵۸۱ ^a	۱۳۱/۱ ^b	۱۶/۵۲ ^a
سال دوم	۴۰۴۶۰ ^a	۱۰۹۴۱ ^a	۱۳۴/۹ ^a	۱۶/۴۷ ^a
رقم				
گلدشت	۳۵۳۱۳ ^b	۹۷۹۹ ^b	۱۱۶/۲ ^c	۱۶/۹۸ ^a
گل‌مه‌ر	۴۱۳۷۴ ^a	۱۰۵۷۵ ^a	۱۴۷/۸ ^a	۱۷/۰۹ ^a
پرنیان	۳۷۴۴۲ ^b	۱۰۴۰۸ ^a	۱۳۵/۱ ^b	۱۵/۴۳ ^a
زمان برداشت علوفه				
مرحله ساقه‌دهی	۳۰۳۳۰ ^c	۸۹۴۳ ^c	۱۱۴/۵ ^c	۱۵/۷۱ ^b
مرحله شاخه‌دهی	۳۷۳۷۶ ^b	۹۹۳۷ ^b	۱۲۹/۷ ^b	۱۹/۲۲ ^a
مرحله گل‌دهی	۴۶۴۲۲ ^a	۱۱۹۰۰ ^a	۱۵۴/۸ ^a	۱۴/۵۷ ^b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد از نظر آزمون آماری حداقل اختلاف معنی‌دار هستند.

ادامه جدول ۴. اثر سال، رقم و زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه گلرنگ

تیمار	کربوهیدرات‌های محلول در آب (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%)	خاکستر (%)
سال				
سال اول	۱۲/۰۲ ^b	۳۱/۰۱ ^a	۵۴/۸۷ ^a	۹/۸۵ ^a
سال دوم	۱۳/۲۹ ^a	۳۱/۱۷ ^a	۵۷/۰۴ ^a	۹/۷۰ ^a
رقم				
گلدشت	۱۵/۱۸ ^a	۲۸/۲۵ ^b	۴۹/۲۱ ^c	۱۰/۰ ^a
گل‌مه‌ر	۹/۰۷ ^b	۳۴/۴۲ ^a	۶۲/۴۸ ^a	۹/۷ ^a
پرنیان	۱۳/۷۲ ^a	۳۰/۶۱ ^b	۵۶/۱۷ ^b	۹/۶ ^a
زمان برداشت علوفه				
مرحله ساقه‌دهی	۱۰/۹۵ ^c	۲۷/۰۰ ^c	۴۸/۴۰ ^c	۹/۹۲ ^b
مرحله شاخه‌دهی	۱۲/۷۵ ^b	۳۱/۴۳ ^b	۵۷/۰۷ ^b	۱۰/۳۵ ^a
مرحله گل‌دهی	۱۴/۲۷ ^a	۳۴/۸۵ ^a	۶۲/۴۰ ^a	۹/۰۵ ^c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد از نظر آزمون آماری حداقل اختلاف معنی‌دار هستند.

ادامه جدول ۴. اثر سال، رقم و زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه گلرنگ

تیمار	ماده خشک قابل هضم (%)	ماده خشک مصرفی توسط دام (%)	کل مواد مغذی قابل هضم (%)	ارزش نسبی تغذیه‌ای (%)
سال				
سال اول	۶۴/۷ ^a	۲/۲۱ ^a	۶۱/۳ ^a	۱۱۲/۰ ^a
سال دوم	۶۴/۶ ^a	۲/۱۸ ^a	۶۱/۰ ^a	۱۰۹/۶ ^a
رقم				
گلدشت	۶۶/۸ ^a	۲/۵۰ ^a	۶۴/۸ ^a	۱۳۰/۳ ^a
گل‌مه‌ر	۶۲/۰ ^b	۱/۹۱ ^b	۵۶/۹ ^b	۹۲/۳ ^c
پرنیان	۶۵/۰ ^a	۲/۱۷ ^b	۶۱/۸ ^a	۱۰۹/۵ ^b
زمان برداشت علوفه				
مرحله ساقه‌دهی	۶۷/۸ ^a	۲/۴۷ ^a	۶۶/۴ ^a	۱۲۹/۸ ^a
مرحله شاخه‌دهی	۶۴/۴ ^b	۲/۱۰ ^b	۶۰/۷ ^b	۱۰۴/۸ ^b
مرحله گل‌دهی	۶۱/۷ ^c	۱/۹۲ ^c	۵۶/۳ ^c	۹۱/۸ ^c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد از نظر آزمون آماری حداقل اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۵. اثر متقابل زمان برداشت و رقم بر برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه گلرنگ

زمان برداشت علوفه	رقم	عملکرد علوفه تر (kg.ha ⁻¹)	ارتفاع بوته (cm)	کربوهیدرات‌های محلول در آب (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%)
مرحله ساقه‌دهی	گلدشت	۲۹۹۶۴ a	۱۰۳ c	۱۲/۲۹ a	۴۱/۸۵ c
	گل‌مهر	۳۰۷۷۵ a	۱۲۴ a	۸/۲۴ b	۵۶/۰۸ a
	پرنیان	۳۰۲۵۲ a	۱۱۷ b	۱۲/۳۳ a	۴۷/۲۷ b
مرحله شاخه‌دهی	گلدشت	۳۴۷۸۲ c	۱۱۳ c	۱۵/۵۹ a	۴۷/۰۷ c
	گل‌مهر	۴۱۲۴۵ a	۱۴۳ a	۸/۹۲ c	۶۵/۳۹ a
	پرنیان	۳۶۱۰۰ b	۱۳۴ b	۱۳/۷۴ b	۵۸/۷۶ b
مرحله گل‌دهی	گلدشت	۴۱۱۹۰ c	۱۳۳ c	۱۷/۶۵ a	۵۸/۷۱ c
	گل‌مهر	۵۲۱۰۳ a	۱۷۷ a	۱۰/۰۶ c	۶۵/۹۸ a
	پرنیان	۴۵۹۷۴ b	۱۵۵ b	۱۵/۰۹ b	۶۲/۵۰ b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد از نظر آزمون آماری حداقل اختلاف معنی‌دار هستند.

۳.۲. عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سه رقم مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد ماده خشک در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت و بیش‌ترین عملکرد ماده خشک از ارقام گل‌مهر (۱۰۵۷۵ کیلوگرم در هکتار) و پرنیان (۱۰۴۰۸ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول‌های ۳ و ۴). کم‌ترین عملکرد ماده خشک نیز در رقم گلدشت مشاهده شد که در ارتباط با عملکرد علوفه کم‌تر این رقم بود (جدول ۴) هم‌چنین، اثر زمان برداشت بر عملکرد ماده خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیش‌ترین عملکرد ماده خشک (۱۱۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) با برداشت علوفه در مرحله آغاز گل‌دهی حاصل شد (جدول ۴). میانگین عملکرد ماده خشک در تیمارهای برداشت علوفه در مرحله ساقه‌دهی و شاخه‌دهی به‌ترتیب ۸۹۴۳ و ۹۹۳۷ کیلوگرم در هکتار بود. در مرحله گل‌دهی، به‌واسطه بیش‌تر بودن ارتفاع بوته حداکثر ماده خشک تولیدی به‌دست آمده است (جدول ۴).

پتانسیل تولید علوفه خشک گلرنگ از ۴/۵ تن در هکتار در مرحله شروع جوانه گل تا ۱۱/۶ تن در هکتار در مرحله ۲۵ درصد گل‌دهی گزارش شده است و در بین تیمارهای برداشت علوفه گلرنگ در مراحل مختلف رشدی بالاترین عملکرد علوفه تر و ماده خشک در مرحله آغاز گل‌دهی حاصل شده است (Cazzato *et al.*, 2011) که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. برداشت گلرنگ در مرحله شروع ظهور جوانه گل در شرایط نیمه‌خشک، سبب دستیابی به حداقل هفت تن ماده خشک در هکتار می‌شود از این‌رو این گیاه پتانسیل جایگزینی به‌عنوان علوفه در مناطق نیمه‌خشک را دارد. نتایج یک آزمایش نشان داد که میانگین عملکرد علوفه تر در مرحله قبل از گل‌دهی در دو رقم گلرنگ (گلدشت و فرامان) در شرایط دیم با بارندگی سالیانه ۳۰۳/۵ میلی‌متر و تراکم بذر ۲۰ کیلوگرم در هکتار معادل با ۲۶/۴ تن در هکتار بود که با افزایش میزان مصرف بذر به ۶۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد علوفه تر تا بیش از ۵۰ تن در هکتار افزایش یافته است (Delfani *et al.*, 2018).

۳.۳. ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر سال بر ارتفاع بوته گلرنگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). هم‌چنین میانگین ارتفاع بوته در سطوح تیمارهای زمان برداشت و ارقام تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). اثر متقابل رقم× زمان برداشت نیز بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

بالاترین ارتفاع بوته در تیمار برداشت علوفه در مرحله آغاز گلدهی در رقم گل‌مهر با میانگین ۱۷۷ سانتی‌متر مشاهده شد. در سایر سطوح تیمار زمان برداشت نیز رقم گل‌مهر از نظر ارتفاع بوته برتر از دو رقم گلدشت و پرنیان بود. کم‌ترین میزان این صفت نیز در تیمار برداشت علوفه در مرحله ساقه‌دهی در رقم گلدشت با میانگین ۱۰۳ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۵). تفاوت معنی‌دار ژنوتیپ‌ها از نظر ارتفاع بوته، نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی آن‌ها می‌باشد که با توجه به تیپ رشدی متفاوت این ارقام منطقی به نظر می‌رسد. ارتفاع بوته گیاه گل‌رنگ تا مرحله گلدهی افزایش می‌یابد.

۴.۳. محتوای پروتئین خام

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد سال زراعی و رقم اثر معنی‌داری بر محتوای پروتئین خام علوفه گل‌رنگ نداشتند (جدول ۳). محتوای پروتئین خام در تیمار آزمایشی زمان برداشت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۳). مقدار پروتئین خام علوفه گل‌رنگ در سطوح مختلف تیمار زمان برداشت از ۱۴/۵۷ تا ۱۹/۲۲ درصد متغیر بود (جدول ۴) و بالاترین درصد پروتئین خام در تیمار برداشت علوفه در مرحله شاخه‌دهی با میانگین ۱۹/۲۲ درصد مشاهده شد و با برداشت علوفه در مراحل ساقه‌دهی و آغاز گلدهی درصد پروتئین به‌ترتیب به میزان ۱۸/۲ و ۲۴/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در مطالعه دیگری نیز بیش‌ترین میزان پروتئین اندام هوایی گل‌رنگ در مرحله قبل از گل‌دهی ۱۹/۳۵ درصد ذکر شده است که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی دارد (Delfani *et al.*, 2013). به‌طور کلی، برداشت علوفه در مرحله ساقه‌دهی و به‌خصوص مرحله گل‌دهی سبب کاهش درصد پروتئین خام در علوفه گل‌رنگ شد. میزان پروتئین خام ذخیره‌شده در بافت‌های گیاهی یک شاخص مهم برای مقایسه کیفیت علوفه است (Bakhtiyari *et al.*, 2020). با توجه به افزایش محتوای پروتئین تا مرحله شاخه‌دهی و سپس اُفت شدید آن در مرحله گل‌دهی می‌توان این تغییر را به تغییر در نسبت برگ به ساقه گل‌رنگ نسبت داد. با توجه به روند رشد گل‌رنگ تا مرحله شاخه‌دهی نسبت برگ به ساقه و شاخص سطح برگ گل‌رنگ افزایش یافته و سپس به‌علت خشک‌شدن برگ‌های قدیمی‌تر این نسبت در مرحله گلدهی کاهش یافته است (Steberl *et al.*, 2020a). محتوای پروتئین علوفه بستگی به مراحل رشد گیاه دارد و با پیشرفت بلوغ محتوای پروتئین کاهش می‌یابد (Keba *et al.*, 2013). میزان پروتئین خام علوفه گل‌رنگ در دامنه ۲۱-۹ درصد از ماده خشک گزارش شده است؛ بنابراین گل‌رنگ می‌تواند محصول علوفه‌ای با کیفیتی برای نواحی خشک و نیمه‌خشک و دارای محدودیت منابع آبی باشد (Bar-Tal, 2008). در مطالعات دیگری نیز بیش‌ترین میزان پروتئین اندام هوایی گل‌رنگ در شرایط دیم و آبی به‌ترتیب ۱۹/۳۵ و ۲۷/۳ درصد گزارش شده است (Najaf Abadi *et al.*, 2017; Delfani *et al.*, 2018) که تفاوت بین اعداد گزارش شده به مرحله رشدی گیاه مرتبط می‌باشد.

۵.۳. محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب

اثر سال بر محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب در سطح احتمال پنج درصد و اثر رقم، زمان برداشت و اثر متقابل رقم × زمان برداشت بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طور کلی، برداشت دیرتر علوفه سبب افزایش معنی‌دار محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب شد به نحوی که بالاترین میزان این صفت (۱۷/۶۵ درصد) با برداشت علوفه رقم گلدشت در مرحله آغاز گل‌دهی حاصل شد. در تیمار برداشت علوفه در مرحله ساقه‌دهی ارقام پرنیان و گلدشت و در تیمار برداشت علوفه در مراحل ساقه‌دهی و آغاز گل‌دهی رقم گلدشت بیش‌ترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب را داشتند (جدول ۵). بیش‌تربودن محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفه به‌طور مستقیم برای دام مناسب است و باعث افزایش انرژی قابل هضم علوفه می‌شود. هم‌چنین بیش‌تربودن محتوای

کربوهیدرات‌های محلول در آب به‌طور غیرمستقیم نیز از طریق افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها تأثیر می‌گذارد. زیرا در فرایند تولید سیلاژ بالابودن این صفت باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی و سرعت تخمیر می‌شود و در نهایت سیلاژ با کیفیت‌تری تولید خواهد شد. کربوهیدرات‌های محلول در آب ترکیباتی هستند که می‌توانند در آب حل و استخراج شوند. این کربوهیدرات‌ها شامل مونوساکاریدها، دی‌ساکاریدها و بعضی پلی‌ساکاریدهای زنجیره‌ای کوتاه و عموماً فروکتان‌هاست که منبع ذخیره‌ای اصلی کربوهیدرات در علوفه پاییزه هستند (Saha *et al.*, 2010). با افزایش سن گیاه درصد قندهای محلول در آب افزایش می‌یابد (Hilscher *et al.*, 2019). همبستگی مثبتی بین رسیدگی و افزایش درصدهای قندهای محلول در آب وجود دارد، به‌طوری‌که از مرحله گلدهی تا رسیدگی درصد قندهای محلول در آب افزایش می‌یابد (Carol & Gene, 2001). در یک گزارش درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه گلرنگ در مرحله ۵۰ روز پس از سبزشدن در کشت بهاره ۱۱ درصد گزارش شده است (Najaf Abadi *et al.*, 2017) که بسیار کم‌تر از نتایج حاصل از این مطالعه بود (۱۷/۶۵ درصد). دلیل این موضوع کم‌تر بودن سن گیاه در مرحله ۵۰ روز پس از سبزشدن در مقایسه با زمان برداشت در آزمایش حاضر بوده است. در بررسی دیگری برداشت گیاهان در مرحله خمیری، نسبت به مرحله شیری شدن دانه‌ها سبب افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب شده است (Dahmardeh *et al.*, 2010). دلیل این افزایش، کاهش نسبت برگ به ساقه در مرحله خمیری دانه ذکر شده است (Dahmardeh *et al.*, 2010). همچنین بین کربوهیدرات با پروتئین رابطه عکس گزارش شده است (Delfani *et al.*, 2018) که در این آزمایش نیز مشاهده شد، به‌طوری‌که با افزایش سن گیاه از مرحله شاخه‌دهی به گل‌دهی، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب افزایش و درصد پروتئین کاهش معنی‌داری یافت (جدول‌های ۴ و ۵).

۳.۶. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

اثر رقم و زمان برداشت بر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقدار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در ارقام گلرنگ از ۲۸/۲۵ تا ۳۴/۴۲ درصد متغیر بود و بالاترین میزان آن در رقم گل‌مهر مشاهده شد (جدول ۴). میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در دو رقم بهاره گلرنگ کم‌تر از رقم زمستانه گل‌مهر بود (جدول ۴). همچنین کم‌ترین محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۲۷ درصد) با برداشت علوفه در مرحله ساقه‌دهی ثبت شد و با تأخیر در برداشت علوفه تا مرحله شاخه‌دهی و مرحله گل‌دهی میزان این صفت به‌ترتیب ۱۶/۴ و ۲۹/۱ درصد افزایش یافت و به ۳۱/۴۳ و ۳۴/۸۵ درصد رسید (جدول ۴). از این‌رو، برداشت علوفه در مرحله گل‌دهی سبب افزایش درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در علوفه گلرنگ شد. محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی به‌عنوان دو ویژگی مهم برای ارزیابی کیفیت علوفه در نظر گرفته می‌شوند و ارقام دارای کیفیت علوفه بالا، محتوای الیاف نامحلول پایینی دارند (Jahanzad *et al.*, 2013; Bakhtiyari *et al.*, 2020). الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شامل سلولز و لیگنین هستند (Ashoori *et al.*, 2021). سنتز لیگنین در زمان توسعه دیواره سلولی ثانویه اتفاق می‌افتد، بنابراین با پیشرفت بلوغ، دیواره سلولی ضخیم شده و محتوای لیگنین و الیاف نامحلول در علوفه افزایش می‌یابد (Carmi *et al.*, 2006). افزایش محتوای سلولز با افزایش سن گیاهان در مطالعه دیگری نیز گزارش شده است (Atis *et al.*, 2012).

۳.۷. الیاف نامحلول در شوینده خنثی

اثر رقم و زمان برداشت بر درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل زمان برداشت × رقم بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین درصد الیاف نامحلول در

شوینده خنثی (۶۵/۹۸ درصد) با برداشت علوفه رقم گل‌مهر در مرحله گل‌دهی ثبت شد (جدول ۵). همچنین در هر سه زمان برداشت علوفه (مراحل ساقه‌دهی، شاخه‌دهی و گل‌دهی) بالاترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در رقم زمستانه و دیررس گل‌مهر مشاهده شد، اما بیش‌ترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در کلیه ارقام با برداشت علوفه آن‌ها در مرحله گل‌دهی ثبت شد (جدول ۵). از این‌رو، برداشت علوفه در مراحل ساقه‌دهی و شاخه‌دهی سبب کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در علوفه گل‌رنگ شد (جدول‌های ۴ و ۵). عموماً تأخیر در برداشت گیاهان علوفه‌ای از طریق افزایش ضخامت دیواره‌های سلولی، افزایش محتوای لیگنین، خشبی‌شدن اندام‌های مختلف و کاهش نسبت برگ به ساقه باعث افزایش محتوای الیاف نامحلول و کاهش کیفیت علوفه می‌شود (Atis *et al.*, 2012; Ronga *et al.*, 2020). پژوهش‌گران دیگری نیز گزارش کرده‌اند که با افزایش سن گیاه و پیشرفت بلوغ، محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی افزایش و ارزش تغذیه‌ای نسبی و قابلیت هضم علوفه کاهش یافته است (Ronga *et al.*, 2020; Teixeira *et al.*, 2017).

۸.۳. محتوای خاکستر

محتوای خاکستر علوفه گل‌رنگ تحت تأثیر سال و رقم قرار نگرفت، اما میانگین این صفت در سطوح تیمار زمان برداشت تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). برداشت علوفه در مرحله شاخه‌دهی با میانگین ۱۰/۳۵ درصد بیش‌ترین و مرحله گل‌دهی با میانگین ۹/۰۵ درصد کم‌ترین محتوای خاکستر علوفه را داشت (جدول ۴). قبلاً نیز گزارش شده است که میزان خاکستر علوفه گل‌رنگ در مراحل اولیه گل‌دهی به کم‌ترین حد خود می‌رسد (Peiretti, 2009). در گزارش دیگری بر عدم تفاوت معنی‌دار بین ارقام گل‌رنگ از نظر درصد خاکستر علوفه تأکید شده است (Delfani *et al.*, 2018) که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی دارد. در گزارش دیگری میزان خاکستر علوفه گل‌رنگ در مرحله ۵۰ روز پس از سبزشدن در کشت بهاره ۱۲/۸ درصد گزارش شده است (Najaf Abadi *et al.*, 2017) که علت تفاوت بین اعداد گزارش شده، مرحله رشدی و سن متفاوت گیاه می‌باشد.

۹.۳. ماده خشک قابل هضم

محتوای ماده خشک قابل هضم علوفه گل‌رنگ در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر رقم و زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۳). در بین سه رقم مورد مطالعه، بیش‌ترین ماده خشک قابل هضم علوفه در ارقام بهاره گلدشت و پرینیان به ترتیب به میزان ۶۶/۸ و ۶۵/۰ درصد مشاهده شد (جدول ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین درصد ماده خشک قابل هضم علوفه در تیمارهای برداشت علوفه در مراحل ساقه‌دهی و گل‌دهی به ترتیب با میانگین ۶۷/۸ و ۶۱/۷ درصد مشاهده شد (جدول ۴). زمان برداشت و سن گیاه یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین فاکتورهای مؤثر بر کیفیت علوفه می‌باشد (Ronga *et al.*, 2020). نتایج یک مطالعه نشان داد که ماده خشک قابل هضم علوفه دو رقم گل‌رنگ (گلدشت و فرامان) در مرحله ۵۰ روز پس از سبزشدن در کشت بهاره ۷۵/۳ تا ۷۶/۸ درصد بود (Najaf Abadi *et al.*, 2017) که از نتایج این آزمایش بالاتر است (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد دلیل این موضوع جوان‌تر و کم‌سن بودن بوته‌ها در زمان برداشت (۵۰ روز پس از سبزشدن یعنی قبل از ساقه‌دهی) در مقایسه با تیمارهای برداشت در این مطالعه (ساقه‌دهی، شاخه‌دهی و آغاز گل‌دهی) بوده است.

با افزایش سن گیاه، قابلیت هضم ماده خشک علوفه کاهش و عملکرد ماده خشک افزایش می‌یابد (Hassan *et al.*, 2018). ماده خشک قابل هضم، بخشی از علوفه است که در یک سطح مشخص از مصرف آن به‌وسیله

حیوانات جذب می‌شود. ماده خشک قابل هضم، معمولاً نشان‌دهنده انرژی قابل هضم علوفه می‌باشد و ارتباط مستقیمی با میزان انرژی و سایر مواد مغذی قابل دریافت به‌وسیله احشام دارد (Balazadeh *et al.*, 2021). با پیشرفت مراحل رشد، میزان فیبر، لیگنین و کربوهیدرات‌های ساختاری افزایش یافته و قابلیت هضم ماده خشک کاهش می‌یابد (Balazadeh *et al.*, 2021).

۳.۱۰. ماده خشک مصرفی توسط دام

اثر رقم، زمان برداشت و اثر متقابل سال × زمان برداشت بر محتوای ماده خشک مصرفی توسط دام در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در بین سه رقم مورد مطالعه، بیش‌ترین و کم‌ترین محتوای ماده خشک مصرفی (۲/۵۰ و ۱/۹۱ درصد) به‌ترتیب در ارقام گلدشت و گل‌مهر ثبت شد (جدول ۴). در بین زمان‌های مختلف برداشت بیش‌ترین محتوای ماده خشک مصرفی (۲/۴۷ درصد) با برداشت علوفه در مرحله ساقه‌دهی به‌دست آمد. محتوای ماده خشک مصرفی با تأخیر در برداشت کاهش یافت و به ۱/۹۲ درصد در مرحله گل‌دهی رسید (جدول ۴). دیواره سلولی گیاهان اغلب از کربوهیدرات‌های ساختاری تشکیل شده است که قابلیت هضم آن‌ها براساس لیگنینی‌شدن تغییر خواهد کرد. بنابراین با افزایش سن گیاه از میزان کربوهیدرات‌های غیرساختاری کاسته شده و به میزان فیبر، لیگنین و کربوهیدرات‌های ساختاری افزوده می‌شود (Carmi *et al.*, 2006). مقادیر بالای کربوهیدرات‌های ساختاری هم‌چون لیگنین با کاهش میزان مصرف ماده خشک توسط دام و هم‌چنین کاهش قابلیت هضم آن، باعث کاهش کیفیت علوفه می‌شود (Casler, 2000; Atis *et al.*, 2012). با افزایش سن گیاه محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی افزایش و در نتیجه آن قابلیت مصرف ماده خشک توسط دام کاهش می‌یابد (Ronga *et al.*, 2020).

۳.۱۱. کل مواد مغذی قابل هضم

اثر رقم و زمان برداشت بر کل مواد مغذی قابل هضم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در بین سه رقم گلرنگ مورد مطالعه، بیش‌ترین مواد مغذی قابل هضم در ارقام بهاره گلدشت و پرنیان به‌ترتیب به میزان ۶۴/۸ و ۶۱/۸ درصد ثبت شد در حالی که میانگین این صفت در رقم گل‌مهر به‌طور معنی‌داری کم‌تر بود (۵۶/۹ درصد). با تأخیر در برداشت علوفه گلرنگ محتوای کل مواد مغذی قابل هضم کاهش یافت به‌طوری‌که میانگین این صفت در مرحله ساقه‌دهی از ۶۶/۴ به ۵۶/۳ درصد در مرحله گل‌دهی رسید (جدول ۴). محتوای بالای مواد مغذی قابل هضم از مهم‌ترین معیارها در مقایسه ارزش غذایی علوفه محسوب می‌شود (Casler, 2000). افزایش جذب عناصر مغذی به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش مواد مغذی قابل هضم در علوفه می‌شود و ژنوتیپ‌هایی که قدرت جذب عناصر غذایی بالاتری داشته باشند، محتوای مواد مغذی قابل هضم بالاتری دارند (Coblentz *et al.*, 2017). با پیشرفت بلوغ در گیاه، محتوای کربوهیدرات‌های ساختاری در دیواره سلولی افزایش و در نتیجه قابلیت هضم مواد مغذی و میزان انرژی قابل متابولیسم علوفه کاهش یافته است (Yu *et al.*, 2003).

۳.۱۲. ارزش نسبی تغذیه‌ای

اثر رقم، زمان برداشت و سال × زمان برداشت بر ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). میانگین ارزش نسبی تغذیه‌ای در رقم گلدشت (۱۳۰/۳ درصد) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از ارقام پرنیان (۱۰۹/۵ درصد) و گل‌مهر (۹۲/۳ درصد) بود (جدول ۴). در بین زمان‌های مختلف برداشت، مرحله ساقه‌دهی با میانگین

۱۲۹/۸ درصد بیش‌ترین ارزش نسبی تغذیه‌ای را دارا بود و با افزایش سن گیاه، میزان این صفت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به نحوی که کم‌ترین ارزش نسبی تغذیه‌ای (۹۱/۸ درصد) با برداشت علوفه در مرحله گل‌دهی حاصل شد (جدول ۴). علوفه‌ای که حاوی ۴۱ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و ۵۳ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی است، ارزش نسبی تغذیه‌ای معادل با ۱۰۰ درصد دارد (Jahanzad *et al.*, 2013). علوفه‌هایی که دارای ارزش نسبی تغذیه‌ای بیش از ۱۵۱ درصد باشند از نظر ارزش تغذیه‌ای ممتاز محسوب می‌شوند و بر این اساس ارزش نسبی تغذیه‌ای گل‌رنگ در مرحله ساقه‌دهی در گروه خوب قرار می‌گیرد (Horrocks & Vallentine, 1999). مشابه با نتایج آزمایش حاضر، نتایج بررسی دیگری نشان داد که تأخیر در برداشت علوفه منجر به کاهش ارزش تغذیه‌ای آن می‌شود (Milić *et al.*, 2019). ارزش نسبی تغذیه‌ای با محتوای الیاف نامحلول رابطه معکوس دارد و با افزایش میزان این صفات، ارزش نسبی علوفه کاهش می‌یابد (Ashoori *et al.*, 2021; Atis *et al.*, 2012). در آزمایش حاضر نیز تأخیر در برداشت علوفه و افزایش سن گیاه، باعث افزایش محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی شده و از این طریق ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه را کاهش داده است (Jahanzad *et al.*, 2013).

۴. نتیجه‌گیری

گل‌رنگ و زمان‌های برداشت مورد مطالعه در این آزمایش تفاوت معنی‌داری را از نظر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه نشان دادند. هر چند رقم پاییزه و دیررس گل‌مهر از نظر عملکرد علوفه تر و ماده خشک و رقم بهاره و زودرس پرنیان از نظر تولید ماده خشک برتری معنی‌داری نسبت به رقم گلدشت داشتند، اما پایین‌ترین قابلیت هضم و ارزش تغذیه‌ای علوفه در رقم گل‌مهر ثبت شد. در مقابل بیش‌ترین کیفیت علوفه گل‌رنگ با کشت رقم بهاره و زودرس گلدشت به‌دست آمد. در بین زمان‌های برداشت مورد بررسی نیز بیش‌ترین عملکرد علوفه با برداشت در مرحله گل‌دهی و بالاترین قابلیت هضم و ارزش تغذیه‌ای علوفه با برداشت در مرحله ساقه‌دهی ثبت شد، درحالی‌که حداکثر محتوای پروتئین خام با برداشت علوفه گل‌رنگ در مرحله شاخه‌دهی به‌دست آمد. به‌طور کلی در صورتی که هدف از تولید تنها عملکرد علوفه باشد و به ویژگی‌های کیفی آن توجهی نشود (مشابه با شرایط فعلی بازار علوفه در کشور)، کاشت رقم گل‌مهر و برداشت علوفه آن در مرحله گل‌دهی قابل توصیه خواهد بود. در مقابل در شرایطی که تنها کیفیت علوفه مدنظر باشد و کمیت آن اهمیت چندانی برای تولیدکننده نداشته باشد می‌توان برداشت علوفه رقم گلدشت در مرحله ساقه‌دهی را به‌عنوان تیمار برتر کیفی توصیه نمود. اما زمانی که کمیت و کیفیت علوفه برای تولیدکننده از اهمیت یکسانی برخوردار باشد کاشت رقم پرنیان و برداشت علوفه آن در مرحله شاخه‌دهی به‌عنوان تیمار برتر در این آزمایش قابل توصیه می‌باشد.

۵. تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی مصوب (۹۷۱۱۳۶-۲۶۰-۰۳-۰۳-۷) مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد، که بدین‌وسیله از بخش تحقیقات دانه‌های روغنی و هم‌چنین کلیه تکنسین‌ها و کارگران مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. (2012). Official methods of analysis of AOAC International. 19th ed. MD, Gaithersburg, USA.
- Ashoori, N., Abdi, M., Golzardi, F., Ajalli, J., & Ilkaee, M.N. (2021). Forage potential of sorghum-clover intercropping systems in semi-arid conditions. *Bragantia*, 80, e1421.
- Atis, I., Konuskan, O., Duru, M., Gozubenli, H., & Yilmaz, S. (2012). Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14, 879-886.
- Bar-Tal, A., Landau, S., Li-xin, Z., Markovitz, T., Keinan, M., Dvash, L., Brener, S., & Weinberg, Z.G. (2008). Fodder quality of safflower across an irrigation gradient and with varied nitrogen rates. *Agronomy Journal*, 100, 1499-1505.
- Bakhtiyari, F., Zamanian, M., & Golzardi, F. (2020). Effect of mixed intercropping of clover on forage yield and quality. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 11, 49-66.
- Balazadeh, M., Zamanian, M., Golzardi, F., & Mohammadi Torkashvand, A. (2021). Effects of limited irrigation on forage yield, nutritive value and water use efficiency of Persian clover (*Trifolium resupinatum*) compared to berseem clover (*Trifolium alexandrinum*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52 (16), 1927-1942.
- Bergland, D.R., Riveland, N., & Bergman, J. (2007). Safflower Production. Dakota State University, South Dakota. USA.
- Carmi, A., Aharoni, Y., Edelstein, M., Umiel, N., Hagiladi, A., Yosef, E., Nikbachat, M., Zenou, A., & Miron, J. (2006). Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 121-133.
- Carol, C., & Gene, A. (2001). Harvest stage effects on yield and quality of winter forage. 31st California Alfalfa and Forage Symposium: 12-13 December, 2001, Modesto, CA, UC Cooperative Extension University of California, Davis. USA.
- Casler, M.D. (2000). Breeding forage crops for increased nutritional value. *Advances in Agronomy*, 71, 51-107.
- Cazzato, E., Laudadio, V., Corleto, A., & Tufarelli, V. (2011). Effects of harvest date, wilting and inoculation on yield and forage quality of ensiling safflower (*Carthamus tinctorius* L.) biomass. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(12), 2298-302.
- Coblentz, W.K., Akins, M.S., Cavadini, J.S., & Jokela, W.E. (2017). Net effects of nitrogen fertilization on the nutritive value and digestibility of oat forages. *Journal of Dairy Science*, 100, 1739-1750.
- Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Siahsar, B.A. & Ramroudi, M. (2010). Effect of planting ratio and harvest time on forage quality of maize in maize-cowpea intercropping. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41 (3), 633-642.
- Danieli, P.P., Primi, R., Ronchi, B., Ruggeri, R., Rossini, F., Del Puglia, S., & Cereti, C.F. (2011). The potential role of spineless safflower (*Carthamus tinctorius* L. var. *inermis*) as fodder crop in central Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 6, 19-22.
- Delfani, M., Hatami, A., Pourdad, S.S., Tahmasebi, Z., Fattahnia, F., & Jahansooz, M.R. (2018). Effect of planting density and supplementary irrigation on quality and quantity of forage yield of two safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Dryland Agriculture*, 6 (2), 147-164.
- Dubois, M., Gilles, K. A. Hamilton, J. K. Roberts, P. A., & Smith, F. (1956). Phenol sulphuric acid method for carbohydrate determination. *Annalen der Chemie*, 28, 350-359.
- Emongor V. (2010). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review. *Asian Journal of Plant Science*, 9(6), 299-306.

- Flemmer, A.C., Franchini, M.C., & Lindström, L.I. (2015). Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 166, 331-339.
- Hassan, M.U., Chattha, M.U., Mahmood, A., & Sahi, S.T. (2018). Performance of sorghum cultivars for biomass quality and biomethane yield grown in semi-arid area of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(13), 12800-12807.
- Hilscher, F. H., Burken, D. B., Bittner, C. J., Gramkow, J. L., Bondurant, R. G., Jolly-Breithaupt, M. L., & Erickson, G. E. (2019). Impact of corn silage moisture at harvest on performance of growing steers with supplemental rumen undegradable protein, finishing steer performance, and nutrient digestibility by lambs. *Translational Animal Science*, 3(2), 761-774.
- Horrocks, R.D., & Vallentine, J.F. (1999). *Harvested forages*. Academic Press, London, UK. 426 p.
- 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, 62-69.
- Keba, H.T., Madakadze, I.C., Angassa, A., & Hassen, A. (2013). Nutritive value of grasses in semiarid rangelands of Ethiopia: Local experience based herbage preference evaluation versus laboratory analysis. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(3), 366.
- Kereilwe, D., Emongor, V.E., Oagile, O., & Phole, O. (2020). Nutritional value of safflower whole seed as animal feed in semi-arid southern African conditions. *African Crop Science Journal*, 28 (s1), 103-115.
- Khazaei, A., Fuman, A., Rahjoo, V., & Golzardi, F. (2019). *Agronomy and characteristics of introduced sorghum cultivars*. Agricultural Education and Extension Institute Publication. 132 p.
- Milić, D., Katanski, S., Milošević, B., & Živanov, D. (2019). Variety selection in intensive alfalfa cutting management. *Ratarstvo I Povrtarstvo*, 56(1), 20-25.
- Muhammad, A., Muhammad, A. N., Asif, T., & Azhar, H. (2002). Effect of different levels of nitrogen and harvesting times on the growth, yield and quality of sorghum fodder. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1 (4), 304-307.
- Najaf Abadi, A., Jalilian, J., & Zardoshti, M. R. (2017). The effect of intercropping patterns on quantitative and qualitative characteristics of safflower and bitter vetch in high-input and low-input farming systems. *Journal of Crop Improvement*, 19 (2), 445-460.
- Ozek, K. (2017). Feed Value and the Possibilities of Using in Farm Animal Nutrition of Safflower: II. The Using and Effects in Ruminant Nutrition. *KSU Journal of Natural Science*, 20(1), 35-41.
- Peiretti, P.G. (2009). Effects of growth stage on chemical composition, organic matter digestibility, gross energy and fatty acid content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Livestock Research for Rural Development*, 21 (12), 206.
- Pourdad, S., Khamis abadi, H., & Ghale, F. (2015). *Evaluation of safflower genotypes in terms of yield and forage quality in cold temperate rainfed conditions*. Agricultural Research Education And Extention Organization. Final Report. 32 p.
- Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N., & Dharmatti, R. (2008). Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agriculture Science*, 21, 382-385.
- Ronga, D., Dal Prà, A., Immovilli, A., Ruozzi, F., Davolio, R., & Pacchioli, M. T. (2020). Effects of harvest time on the yield and quality of winter wheat hay produced in Northern Italy. *Agronomy*, 10(6), 917.
- Saha, U.K., Sonon, L.S., Hancock, D.W., Hill, N.S., Stewart, L., Heusner, G.L., & Kissel, D.E. (2010). *Common Terms Used in Animal Feeding and Nutrition*. The University of Georgia, College of Agriculture and Environmental. USA.

- Steberl, K., Boote, K.J., Munz, S., & Graeff-Hönninger, S. (2020a). Modifying the CROPGRO safflower model to simulate growth, seed and floret yield under field conditions in Southwestern Germany. *Agronomy*, 10(1),11.
- Steberl, K., Hartung, J., & Graeff-Hönninger, S. (2020b). Impact of cultivar, harvest date and threshing parameter settings on floret and carthamidin yield of Safflower. *Agronomy*, 10(9), 1272.
- Teixeira, T. P. M., Pimentel, L. D., Dias, L. A. S., Parrella, R. A. C., Paixão, M. Q., & Biesdorf, E. M. (2017). Redefinition of sweet sorghum harvest time: New approach for sampling and decision-making in field. *Industrial Crops and Products*, 109, 579-586.
- Van Soest, P. J. (2018). Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.
- Yu, P., Christensen, D. A., McKinnon, J. J., & Markert, J. D. (2003). Effect of variety and maturity stage on chemical composition, carbohydrate and protein subfractions, in vitro rumen degradability and energy values of timothy and alfalfa. *Canadian Journal of Animal Science*, 83, 279-290.