

Effect of irrigation water salinity and plant density on forage quality of two camelthorn (*Alhagi camelorum* Fisch.) ecotypes

M. Zangoie¹, Soheil Parsa^{2, 3*}, M. Jami Al-Ahmadi^{2, 3}, Ali Izanloo^{2, 3}

1. PhD student in Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, University of Birjand, Birjand, Iran

2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, University of Birjand, Birjand, Iran

3. Plant and Environmental Stress Research Group, University of Birjand, Birjand, Iran

Received 12 April 2022; Accepted 18 December 2022

Extended abstract

Introduction

Camelthorn (*Alhagi camelorum* Fisch.) is a perennial plant with shrub growing form belonging to Fabaceae family, which is native to large area from Mediterranean to Russia. Camelthorn is very high tolerant to salinity and this is one of the halophytic plants. By using halophytic plants, many products can be produced in saline areas, which one of these products is forage needed by livestock. One of the most important areas for the development of camelthorn cultivation is saline lands that have been excluded from cultivation due to irrigation with saline water for many years that increasing soil salinity. Therefore, it is necessary to investigate the plant forage quality in field conditions with irrigation by saline water.

Materials and methods

The experiment was conducted as split-factorial in a randomized complete block design with three replication in two locations (Farms of the Faculty of Agriculture in the Birjand University and Hojjatabad farm of Peyvand Khavaran Agro-Industry in Sarbishe) at years of 1399. The effect of location was considered fixed. The Experimental factors was included ecotype at two levels (Voshmgir and Korond), Plant density at two levels (10 and 20 plant per square meter) irrigation water salinity at 3 levels (3.5, 7.5 and 12 dS.m⁻¹). The main plots were included irrigation water salinity levels and the sub-plots were included from a combination of density and ecotype levels. The amounts of crude protein, crude fatty acids, crude ash, acid detergent fiber, neutrals detergent fiber, Metabolizable energy, and digestible dry matter of camelthorn forage were measured at the end of the growing season.

Results and discussion

The results showed that by increasing salinity to 7.5 dS.m⁻¹ had not significant effect on the crude protein percentage, but with a further increase in salinity to 12 dS.m⁻¹ the crude protein was decreased (7.2%) significantly compared to control. The forage fatty acids of Sarbishe were significantly higher (5.3%) than Birjand, which is due to the lower temperature of Sarbisheh region. The crude forage ash content in Birjand was significantly higher (5.3%) than Sarbishe. With increasing the density from 10 to 20 plants per square meter the forage ash was increased (7.5%) significantly. In Birjand, Metabolizable energy was increased (2.2%) significantly with increasing plant density, but in Sarbishe, increasing density had not effect on this trait. Irrigation water salinity application in both places and ecotypes studied was not

* Corresponding author: Soheil Parsa; E-Mail: sparsa@birjand.ac.ir



significant effect on the metabolizable energy of camelthorn forage. Voshmgir ecotype in Birjand had significantly (11.4%) more acid detergent fiber than Korond ecotype, but the difference between these ecotypes was not significant in Sarbishe. With increasing plant density in Birjand, the value of acid detergent fiber was decreased (7.9%) significantly but the difference between two plant densities was not significant in Sarbishe. At 12 dS.m⁻¹ irrigation water salinity level, increasing the plant density led to a decrease (14.5%) of neutral detergent fiber, while increasing the plant density at lower irrigation water salinity levels had no effect on this trait.

Conclusion

Although increasing the irrigation water salinity led to a significant reduction in camelthorn forage protein, but the amount of protein obtained at 12 dS.m⁻¹ irrigation water salinity (12.29%) was also acceptable. High irrigation water salinity levels in both ecotypes and locations did not lead to a significant reduction in forage metabolizable energy, so it is possible to produce adequate quality forage by cultivation camelthorn with saline water. Korond Ecotype was more suitable for cultivation in Birjand and Voshmgir ecotype was more suitable for cultivation in Sarbishe and produced better forage in these locations. In saline conditions, it is better to cultivate camelthorn with high plant density, because in this case, the amount of forage fiber will decrease and the forage quality will increase.

Keywords: Acid detergent fiber, Crude protein, Halophytic plant, Neutral detergent fiber

تأثیر شوری آب آبیاری و تراکم بر کیفیت علوفه دو اکوتیپ خارشتر (*Alhagi camelorum* Fisch.)

مصطفی زنگونی^۱، سهیل پارسا^{۲،۳*}، مجید جامی الاحمدی^{۲،۳}، علی ایزانلو^{۲،۳}

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه بیرجند

۲. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه بیرجند

۳. گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشگاه بیرجند

مشخصات مقاله	چکیده
واژه‌های کلیدی: پروتئین خام فیبر نامحلول در شوینده اسیدی فیبر نامحلول در شوینده خنثی گیاه شورزی	خارشتر گیاهی چندساله و شورزی است که قابلیت تولید علوفه در اراضی شور را دارد. به منظور بررسی تغییرات کیفیت علوفه این گیاه تحت تأثیر شوری و تراکم در دو اکوتیپ خارشتر، آزمایشی در قالب اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو مکان (بیرجند و سریشه) اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل سطوح شوری آب آبیاری (۳/۵، ۷/۵ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ناشی از کلرید سدیم) بودند. کرت‌های فرعی ترکیب سطوح اکوتیپ (وشمگیر و کوند) و تراکم (۱۰ و ۲۰ بوته در مترمربع) بودند. در پایان فصل رشد مقادیر پروتئین، چربی و خاکستر خام، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی، انرژی متابولیسمی و ماده خشک قابل‌هضم علوفه، مورد بررسی قرار گرفت. پروتئین خام تحت تأثیر شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی چربی خام در دو اکوتیپ مورد مطالعه عکس‌العمل متفاوتی نسبت به شوری نشان داد، به گونه‌ای که با افزایش شوری چربی خام در اکوتیپ کوند کاهش و در اکوتیپ وشمگیر افزایش معنی‌داری یافت. افزایش تراکم در بیرجند منجر به افزایش معنی‌دار انرژی متابولیسمی و کاهش معنی‌دار فیبر نامحلول در شوینده اسیدی گردید ولی در سریشه تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. افزایش تراکم بوته در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش معنی‌دار فیبر نامحلول در شوینده خنثی شد، ولی در سایر سطوح شوری آب آبیاری، اثر آن معنی‌دار نبود. اعمال شوری منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد علوفه‌تر گردید ولی افزایش شوری از ۷/۵ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تأثیری بر عملکرد علوفه نداشت. کیفیت علوفه تولیدی در سریشه بالاتر از بیرجند بود، هرچند اکوتیپ کوند در بیرجند و اکوتیپ وشمگیر در سریشه کیفیت علوفه بالاتری را نشان دادند. بر اساس نتایج حاصله، در سطوح بالای شوری آب آبیاری، کشت خارشتر با تراکم بالاتر، می‌تواند منجر به تولید علوفه‌ای با کیفیت‌تر شود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۳	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷	
تاریخ انتشار: زمستان ۱۴۰۲	
۹۸۷-۱۰۰۴ (۴): ۱۶	

مقدمه

خارشتر (*Alhagi camelorum* Fisch.) گیاهی چندساله با رشد بوته‌ای از خانواده بقولات که بومی منطقه وسیعی از مدیترانه تا روسیه بوده و به بسیاری از نقاط دیگر دنیا از جمله، استرالیا، جنوب آفریقا و غرب ایالات متحده پراکنده شده است (Saroya, 2013). برگ‌های خارشتر متناوب، تنک و ضخیم به طول ۷ تا ۲۰ میلی‌متر بوده و شاخه‌های آن خاردار است، این گیاه سیستم ریشه‌ای فشرده‌ای دارد که تا ۱۵ متر در خاک نفوذ می‌کند و ارتفاع بوته آن به یک تا دو متر می‌رسد

خارشتر به سبب تحمل به شوری بسیار زیاد، از جمله گیاهان شورزی (هالوفیت) محسوب می‌شود (Kurban et al., 1999). گیاهان شورزی قادرند چرخه زندگی خود را در

شاخساره‌های جدید این گیاه تا فاصله ۶ متری از پایه مادری از روی ریزوم‌ها رویش می‌یابند. گل‌های آن صورتی تا قرمز رنگ و نیام‌های رسیده آن به رنگ قهوه‌ای بوده و حاوی بذره‌های لوبیایی شکل و خالدار هستند (Saroya, 2013).

Astragalus squarrosus، *Stipagrostis plumosa* و *Zygophyllum eichwaldii* و *Alhagi persarum* که در تغذیه شتر از آن‌ها استفاده می‌کنند، خارشتر از نظر ماده خشک کل (۹۲/۷ درصد) بالاترین میزان و از نظر انرژی متابولیسمی (۵/۷۲ درصد) و ماده خشک قابل‌هضم (۴۵/۴ درصد) بعد از *Seidlitzia rosmarinous*، بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داد و از نظر میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (که با افزایش آن از کیفیت علوفه کاسته می‌شود) نیز بعد از *Seidlitzia rosmarinous*، کمترین مقدار را نشان داد (Naseri et al., 2019).

شوری و تراکم گیاهی از عوامل مؤثر بر کیفیت علوفه می‌باشند. در پژوهشی، با افزایش تراکم ناشی از کاهش فواصل ردیف‌های کشت سویا علوفه‌ای (*Glycine max*) از ۷۶ به ۱۸ سانتی‌متر، میزان پروتئین خام افزایش و فیبر نامحلول در شوینده خنثی^۱ و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی^۲ کاهش یافت، به عبارت دیگر افزایش تراکم با افزایش نسبت پروتئین به فیبر منجر به افزایش کیفیت علوفه سویا گردید (Seiter et al., 2004). در اغلب موارد افزایش شوری اعمال شده منجر به افزایش یون سدیم در گیاه شده و تعادل نسبت سدیم به پتاسیم و کیفیت علوفه را تحت تأثیر قرار می‌دهد هرچند ارقام و اکوتیپ‌های مختلف یک گونه گیاهی نیز کیفیت علوفه متفاوتی را نشان می‌دهند. به عنوان نمونه بررسی انجام شده روی ۱۲ جمعیت گونه‌ای از اسپرس (*Onobrychis vicifolia* Scop. نشان داد که جمعیت‌های مختلف این گیاه مقادیر متفاوتی از پروتئین خام، ماده خشک قابل‌هضم، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و فیبر نامحلول در شوینده خنثی را در پیکره خود تولید می‌کنند (Davazdahemami et al., 2020).

با توجه به این که اغلب اطلاعات موجود در زمینه تغییرات کیفیت علوفه خارشتر مربوط به رشد بوته‌ها در شرایط آزمایشگاهی یا محیط طبیعی است حال آنکه از مهم‌ترین عرصه‌های هدف توسعه کشت این گیاه، اراضی شوری است که به دلیل آبیاری با آب‌های شور در سالیان متمادی با افزایش شوری خاک از حیطة کشت خارج شده‌اند. لذا بررسی تغییرات کیفیت علوفه این گیاه در شرایط مزرعه‌ای توأم با آبیاری با آب شور ضروری به نظر می‌رسد و این تحقیق با هدف بررسی تأثیر شوری آب آبیاری و تراکم گیاهی در دو اکوتیپ

حداقل غلظت‌هایی از نمک در حد ۲۰۰ میلی‌مولار تکمیل نمایند، به عبارت دیگر این گیاهان می‌توانند سطوحی از شوری که برای دیگر گونه‌های گیاهی کشنده است را تحمل نمایند (Flowers and Colmer, 2008). این گیاهان سازوکارهای بیولوژیکی خاصی را توسعه داده‌اند که یا ورود نمک به گیاه را به حداقل رسانده و یا غلظت نمک در سیتوپلاسم را از طریق روش‌هایی از جمله انتقال نمک اضافی به غده‌ها و یا تقسیم یون‌های سمی بین واکوئل‌ها و خروج یون‌های سمی از ریشه به حداقل ممکن می‌رسانند (Song et al., 2009; Munns, 2005). با استفاده از گیاهان شورزی به عنوان گونه‌هایی با پتانسیل تولید در اراضی شور، می‌توان محصولات زیادی نظیر علوفه موردنیاز دام‌ها را در این عرصه‌ها تولید نمود (El Shaer, 2010; Master et al., 2007). هرچند تولید محصولات گیاهی به وسیله گیاهان شورزی با آب‌های شور، هنوز در مرحله آزمایشی است (Rosema and Flowers, 2008). برخی معتقدند که گیاهان شورزی به دلیل داشتن حد متوسطی از سرعت رشد، مصرف آب و ارزش غذایی، از ارزش بالایی به عنوان گیاه زراعی برخوردار نیستند (Bathgate and O'Connell, 2001). ولی برخی دیگر اهلی‌سازی گونه‌های شورزی را راهکاری جهت تولید محصولات می‌دانند که به دلیل اطلاعات محدودی که از نحوه تولید آن‌ها در دسترس است، بایستی مورد بررسی قرار گیرند (Rozema and Flowers, 2008).

گیاهان جنس خارشتر (*Alhagi*) به عنوان محصولاتی دارویی (Muhammad et al., 2014; Zou et al., 2012; Laghari et al., 2012) و علوفه‌ای شناخته شده و علوفه آن-ها به طور گسترده‌ای در نواحی خشک و شور آسیای مرکزی، شمال غربی چین و شمال آفریقا جهت تغذیه نشخوارکنندگان (بز و شتر) مورداستفاده قرار می‌گیرد (Piri et al., 2012; Towhidi, 2007). علوفه خارشتر در بین گیاهان شورزی از کیفیت مناسبی برخوردار است. بیشترین میزان پروتئین خام علوفه خارشتر در مرحله رشد رویشی به میزان ۱۲/۲ درصد و کمترین میزان آن در مرحله بذردهی به میزان ۱۰ درصد گزارش شده است (Kazemi and Ghasemi Bezdi, 2021). همچنین در بررسی انجام شده روی ۷ گونه گیاه رویش یافته در کویر مرنجاب شامل *Nitraria schoberia*، *Seidlitzia rosmarinous*، *Smirnova iranica*

² Acid Detergent Fibern (ADF)

¹ Neutral Detergent Fiber (NDF)

دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند و پس از استقرار، تیمارهای شوری به مدت هفتاد روز اعمال گردید. شرایط دمایی و بارندگی دوره رشد خارشتر در سربیشه و بیرجند در شکل ۱ و نتایج آزمون خاک قبل از کاشت در جدول ۱ نشان داده شده است.

نمونه‌برداری جهت بررسی کیفیت علوفه در اواسط مهرماه از اندام هوایی گیاه انجام شد. مقادیر درصد پروتئین خام^۳، فیبر نامحلول در شوینده خنثی، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر خام^۴ علوفه بر اساس روش‌های استاندارد انجمن رسمی شیمی‌دان‌های کشاورزی^۵ (AOAC, 2000) اندازه‌گیری شد. جهت بررسی تغییرات کیفیت علوفه از انرژی قابل متابولیسم^۶ به‌عنوان شاخص اصلی ارزش غذایی استفاده شد که برای سنجش آن از معادله پیشنهادی کمیته دائمی کشاورزی (SCA^۷, 1990) استفاده گردید:

$$ME = 0.17 DMD - 2 \quad [1]$$

که در آن DMD درصد ماده خشک قابل هضم نمونه‌ها و ME انرژی متابولیسمی برحسب مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک است. DMD نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۲ بر مبنای درصد نیتروژن و لیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) نمونه‌ها محاسبه گردید (Oddy et al., 1983).

$$DMD (\%) = 83.58 - 0.824 ADF + 2.262 N \quad [2]$$

که در این رابطه ADF درصد لیاف نامحلول در شوینده اسیدی و N درصد نیتروژن نمونه را نشان می‌دهند. آزمون نرمالیتی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Sigma Plot ver. 11 انجام شد. آزمون بارتلت جهت ارزیابی همگنی واریانس‌های دو مکان و تجزیه و تحلیل داده‌های با نرم‌افزار GenStat ver. 12 و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD، در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

پروتئین خام

اثر اصلی شوری آب آبیاری و اثرات متقابل شوری در تراکم، مکان در شوری در تراکم و مکان در اکوتیپ در تراکم بر

خارشتر بر کیفیت علوفه تولیدی در شرایط مزرعه‌ای در دو مکان مختلف، به انجام رسید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو مکان (مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی، ارتفاع متوسط ۱۴۱۰ متر از سطح دریا و بارندگی سالانه ۱۶۱ میلی‌متر و مزرعه حجت‌آباد کشت و صنعت پیوند خاوران با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۹۰ دقیقه شرقی، ارتفاع متوسط ۱۶۲۰ متر از سطح دریا و بارندگی سالانه ۷۰ میلی‌متر)، در سال ۱۳۹۹ انجام شد. اثر مکان ثابت در نظر گرفته شد. فاکتورهای آزمایش شامل اکوتیپ در دو سطح: سد و شمشگیر (در ۴۰ کیلومتری غرب گنبدکاووس با متوسط ارتفاع ۱۰ متر از سطح دریا و بارندگی ۴۰۰ میلی‌متر) و کرنند (در مجاورت مرز ترکمنستان و در ۱۴۰ کیلومتری شمال شرقی گنبد با بارندگی کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر) بودند. شوری آب آبیاری در ۳ سطح: ۳/۵ (شاهد)، ۷/۵ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (آب آبیاری) و تراکم در دو سطح ۱۰ و ۲۰ بوته در مترمربع (فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف به ترتیب ۲۰ و ۱۰ سانتی‌متر)، بود. کرت‌های اصلی شامل سطوح شوری و کرت‌های فرعی شامل تلفیق سطوح تراکم و اکوتیپ در نظر گرفته شدند.

سطوح شوری آب آبیاری با استفاده از انحلال نمک کلرید سدیم در آب و با استفاده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی، اعمال شدند. آبیاری بر اساس زمان رسیدن رطوبت وزنی خاک به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد و حجم آب آبیاری برای کلیه کرت‌ها برابر در نظر گرفته شده و اعمال شوری تدریجی بود. کشت نشاء خارشتر در اواسط اردیبهشت ۱۳۹۹ انجام شد. جهت تولید نشاء از سینی‌های کشت پر شده با کوکوپیت و پرلیت استفاده شد. نشاء‌ها اواخر بهمن در داخل گلخانه کشت شده و تا زمان انتقال با آب شیرین با هدایت الکتریکی ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند. ابعاد کرت‌ها ۳ در ۴ متر بود. پس از کاشت نشاء‌ها به مدت یک ماه با آب ۳/۵

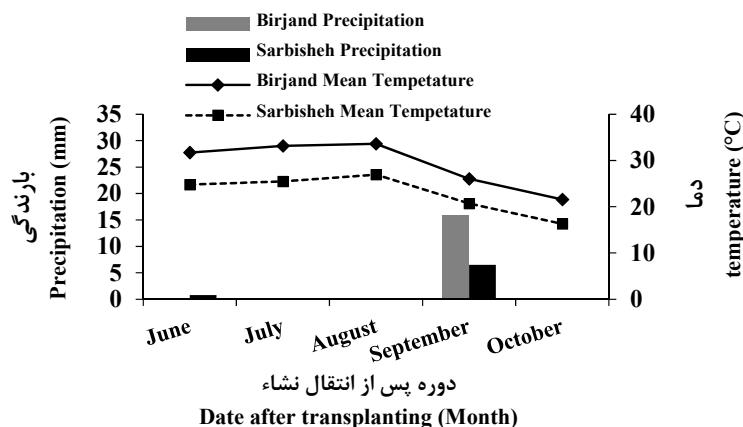
^۳ Metabolizable Energy (ME)

^۷ Standing Committee on Agriculture

^۳ Crude Protein (CP)

^۴ Ash

^۵ Association of Official Agricultural Chemists



شکل ۱. میانگین درجه حرارت و مجموع بارندگی ماهانه طی فصل رشد خارشتر در مزارع بیرجند و سریشه.

Fig. 1. Average temperature and total monthly rainfall during the camelthorn growing season in Birjand and Sarbisheh farms.

جدول ۱. نتایج آزمایش خاک قبل از کشت.

Table 1. Soil analysis results before transplanting.

مکان	هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت خاک	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	ماده آلی	نسبت سدیم
Location	EC	pH	Soil Texture	N	P	K	Organic Mater	تبادلی SAR
	dS.m ⁻¹			%		ppm	%	
Birjand بیرجند	8.09	7.92	لوم شنی Sandy Loam	0.15	7.8	305	0.3	6.34
Sarbisheh سریشه	12.22	7.62	لوم شنی Sandy Loam	0.18	8.4	320	0.36	8.18

با افزایش شوری از ۷ به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (Hedayati-Firoozabadi et al., 2020). در شرایط شوری مقادیر اندک عناصر غذایی جذب شده توسط گیاهان (Blasie et al., 2005) و نیز کاهش سنتز یا افزایش تجزیه پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه منجر به کاهش محتوی پروتئین علف می‌گردد (Masters et al., 2010). کاهش محتوی پروتئین خام در اثر افزایش تراکم در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (Baharini and Dehghani, 2004; Jahanzad et al., 2013) که به نظر می‌رسد به دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای باشد که منجر به کاهش انباشت نیتروژن در گیاه و به دنبال آن تجمع کمتر پروتئین خام در تراکم‌های بالا می‌شود (Jahanzad et al., 2013).

چربی خام

اثر مکان، شوری در اکوتیپ و مکان در شوری در اکوتیپ بر چربی خام علفه خارشتر معنی‌دار بود (جدول ۲). مقادیر چربی خام علفه خارشتر در سریشه به‌طور معنی‌داری بیشتر

پروتئین خام علفه خارشتر معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش تراکم، تنها در سطح شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش معنی‌دار (۸ درصد)، درصد پروتئین خام شد و در سایر سطوح اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۳). افزایش شوری از ۳/۵ به ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع در بیرجند سبب افزایش معنی‌دار پروتئین خام گردید که این اختلاف در سریشه معنی‌دار نبود (شکل ۳). در کلیه تیمارها به‌جز دو مورد (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سریشه و ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر بیرجند)، با افزایش تراکم در یک سطح شوری پروتئین خام علفه خارشتر کاهش یافت (شکل ۳). افزایش تراکم تنها در اکوتیپ و شمشگیر در سریشه منجر به کاهش معنی‌دار (۶/۵ درصد) پروتئین خام علفه گردید (شکل ۲). محتوی پروتئین یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کیفیت علفه است (Al-Dakheel et al., 2015). در مطالعه انجام‌شده روی دو گیاه سورگوم و کوشیا مشاهده شد که با افزایش شوری از ۲ به ۷ دسی‌زیمنس بر متر محتوی پروتئین خام سورگوم کاهش یافت ولی در کوشیا این کاهش

دسی‌زیمنس بر متر در سربیشه و بیرجند منجر به کاهش معنی‌دار و به ترتیب ۱۲/۷ و ۲۴/۲ درصدی چربی خام علوفه گردید (جدول ۴).

ذخیره چربی بیشتر در علوفه خارشتر رشد یافته در سربیشه نسبت به بیرجند را می‌توان به پایین بودن درجه حرارت نسبت داد به‌طور متوسط در کل دوره رشد دمای سربیشه ۲/۷ درجه سانتی‌گراد کمتر از بیرجند بوده است (شکل ۱). افزایش دما منجر به کاهش اسیدهای چرب بذر سویا گردید (Bellaloui et al., 2013). تحقیقات مختلفی نشان دادند که تأثیر دما بر چربی خام می‌تواند به دلیل اثر آن

از بیرجند بود (شکل ۴ الف). با افزایش شوری آب آبیاری از ۳/۵ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مقادیر چربی خام در اکوتیپ وشمگیر افزایش (۲۷/۱ درصد) و در اکوتیپ کردند کاهش (۱۷/۹ درصد) یافت (شکل ۴ ب). اکوتیپ وشمگیر بالاترین سطوح چربی خام را در شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر در سربیشه و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در بیرجند نشان داد که اختلاف آن با سطوح چربی شاهد معنی‌دار بود و اعمال این سطوح شوری به ترتیب منجر به افزایش ۳۳/۱ و ۴۵/۴ درصدی چربی خام علوفه خارشتر گردید (جدول ۴). ولی در اکوتیپ کردند، افزایش سطوح شوری آب آبیاری از ۳/۵ به ۱۲

جدول ۲. میانگین مربعات و درجه آزادی خصوصیات کیفی علوفه خارشتر تحت تأثیر شوری آب آبیاری، تراکم، اکوتیپ و مکان.

Table 2. Mean squares and degree of freedom of qualitative traits of camelthorn forage affected by irrigation salinity, plant density, ecotypes and Locations.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	پروتئین خام Crude protein	چربی خام Fatty acid	خاکستر خام Ash	انرژی متابولیسمی Metabolizable Energy
<i>Main Plots</i>						
Location (L)	مکان	1	1.9565 ^{ns}	21.040 ^{**}	6.722 [*]	0.02218 ^{ns}
Location × Block	بلوک × مکان	4	0.5008 ^{ns}	2.203 ^{ns}	4.035 ^{ns}	0.07711 ^{ns}
Salinity (S)	شوری	2	7.9733 ^{**}	0.414 ^{ns}	0.681 ^{ns}	0.02551 ^{ns}
L × S	شوری × مکان	2	0.0148 ^{ns}	9.021 ^{**}	0.597 ^{ns}	0.15188 ^{ns}
Residual	خطا	8	0.8565	0.710	1.155	0.10066
C.V (%)	ضریب تغییرات		3.6	8.4	4.8	1.7
<i>Sub Plots</i>						
Ecotype (E)	اکوتیپ	1	0.0008 ^{ns}	0.259 ^{ns}	2.347 ^{ns}	0.37500 [*]
Density (D)	تراکم	1	1.4434 ^{ns}	1.544 ^{ns}	14.222 ^{**}	0.05219 ^{ns}
S × E	اکوتیپ × شوری	2	1.0406 ^{ns}	10.603 ^{**}	0.056 ^{ns}	0.03546 ^{ns}
S × D	تراکم × شوری	2	3.2182 ^{**}	0.279 ^{ns}	9.556 ^{**}	0.14806 ^{ns}
E × D	تراکم × اکوتیپ	1	1.0997 ^{ns}	3.278 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.04901 ^{ns}
L × E	اکوتیپ × مکان	1	0.1786 ^{ns}	1.024 ^{ns}	2.000 ^{ns}	0.35929 [*]
L × D	تراکم × مکان	1	0.0602 ^{ns}	19.817 ^{**}	0.347 ^{ns}	0.40803 [*]
S × E × D	تراکم × اکوتیپ × شوری	2	1.1775 ^{ns}	1.333 ^{ns}	3.292 ^{ns}	0.05777 ^{ns}
L × S × E	اکوتیپ × شوری × مکان	2	0.0914 ^{ns}	10.289 ^{**}	5.375 ^{**}	0.71531 ^{**}
L × S × D	تراکم × شوری × مکان	2	3.0502 ^{**}	1.936 ^{ns}	1.847 ^{ns}	0.08855 ^{ns}
L × E × D	تراکم × اکوتیپ × مکان	1	2.4403 [*]	3.214 ^{ns}	1.125 ^{ns}	0.06354 ^{ns}
L × S × E × D	تراکم × اکوتیپ × شوری × مکان	2	0.2996 ^{ns}	1.920 ^{ns}	0.042 ^{ns}	0.04868 ^{ns}
Residual	خطا	36	0.5765	1.006	1.184	0.06345
C.V (%)	ضریب تغییرات		5.9	20	9.7	2.8

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** non-significant, significant at 5 and 1 percentage probability levels respectively.

جدول ۲. ادامه Table 2. Continued

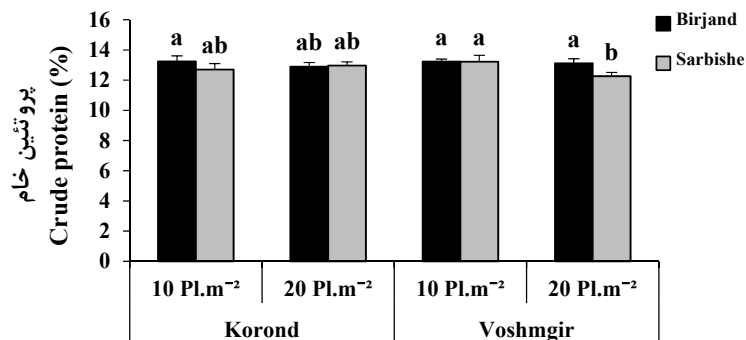
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	ماده خشک	فیبر نامحلول در	فیبر نامحلول در
			قابل هضم Dry Matter Digestibility	شوبنده اسیدی A.D.F	شوبنده خنثی N.D.F
			<i>Main Plots</i>		<i>کرت‌های اصلی</i>
Location (L)	مکان	1	0.767 ^{ns}	0.201 ^{ns}	4.447 ^{ns}
Location × Block	بلوک × مکان	4	2.668 ^{ns}	4.850 ^{ns}	0.949 ^{ns}
Salinity (S)	شوری	2	0.883 ^{ns}	2.655 ^{ns}	24.979 ^{ns}
L × S	شوری × مکان	2	5.255 ^{ns}	7.948 ^{ns}	30.062 ^{ns}
Residual	خطا	8	3.483	4.484	7.590
C.V (%)	ضریب تغییرات		1.4	6.5	3.4
			<i>Sub Plots</i>		<i>کرت‌های فرعی</i>
Ecotype (E)	اکوتیپ	1	12.976*	19.003*	0.958 ^{ns}
Density (D)	تراکم	1	1.806 ^{ns}	1.217 ^{ns}	53.149**
S × E	اکوتیپ × شوری	2	1.227 ^{ns}	0.823 ^{ns}	8.465 ^{ns}
S × D	تراکم × شوری	2	5.123 ^{ns}	4.347 ^{ns}	104.541**
E × D	تراکم × اکوتیپ	1	1.696 ^{ns}	4.166 ^{ns}	4.048 ^{ns}
L × E	اکوتیپ × مکان	1	12.432*	16.756*	152.206**
L × D	تراکم × مکان	1	14.119*	21.789*	7.960 ^{ns}
S × E × D	تراکم × اکوتیپ × شوری	2	1.999 ^{ns}	1.869 ^{ns}	43.283**
L × S × E	اکوتیپ × شوری × مکان	2	24.751**	36.080**	24.820*
L × S × D	تراکم × شوری × مکان	2	3.064 ^{ns}	2.025 ^{ns}	4.991 ^{ns}
L × E × D	تراکم × اکوتیپ × مکان	1	2.199 ^{ns}	6.178 ^{ns}	23.997*
L × S × E × D	تراکم × اکوتیپ × شوری × مکان	2	1.684 ^{ns}	2.205 ^{ns}	1.088 ^{ns}
Residual	خطا	36	2.196	3.145	5.534
C.V (%)	ضریب تغییرات		2.3	10.9	5.9

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
ns, * and ** non-significant, significant at the 5 and 1 percentage probability levels, respectively

جدول ۳. اثر متقابل شوری و تراکم بر صفات کیفی علوفه خارشتر.
Table 3. Interaction between salinity and density on camelthorn forage quality.

شوری Salinity dS.m ⁻¹	تراکم Density Plant.m ⁻²	فیبر نامحلول در شوبنده		
		پروتئین خام Crude protein	خنثی N.D.F	خاکستر خام Ash
3.5	10	13.137 ^b	39.7 ^{bc}	10.83 ^{bc}
	20	13.37 ^{ab}	41.3 ^b	11.17 ^b
7.5	10	13.886 ^a	39.1 ^{cd}	11.33 ^b
	20	12.765 ^{bc}	38.75 ^{cd}	11.33 ^b
12	10	12.273 ^c	44.04 ^a	10.04 ^c
	20	12.313 ^c	37.64 ^d	12.38 ^a
LSD		0.628	1.947	0.900

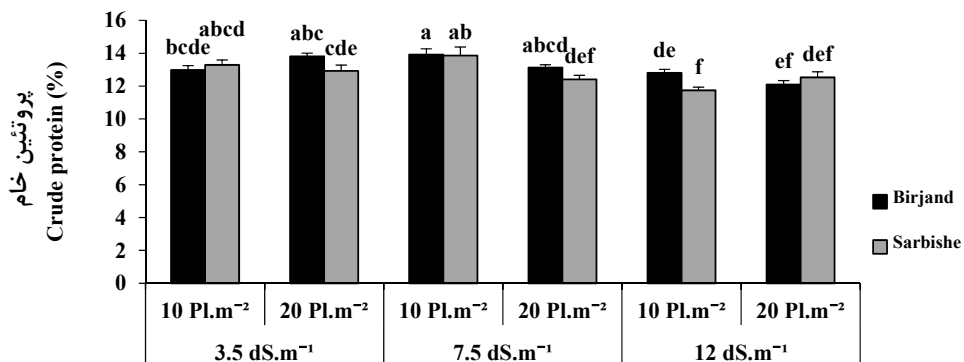
در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشند
In each column, means with similar letters have no significant difference at 5% probability levels



اثر متقابل اکوتیپ، تراکم و مکان
Ecotype, density and location interaction

شکل ۲. اثر متقابل اکوتیپ، تراکم و مکان بر پروتئین خام علوفه خارشتر. میله‌ها خطای استاندارد را نشان می‌دهند.

Fig. 2. Interaction of ecotype, density and location on crude forage protein of camelthorn. Bars indicate standard error.



اثر متقابل شوری، تراکم و مکان
Salinity, density and location interaction

شکل ۳. اثر متقابل شوری، تراکم و مکان بر درصد پروتئین خام علوفه خارشتر. میله‌ها خطای استاندارد را نشان می‌دهند.

Fig. 3. Salinity, density and location interaction on crude protein percentage of camelthorn forage. Bars indicate standard error.

(Ventura et al., 2015). واکنش مشابهی در اکوتیپ‌های *Salicornia europaea* مشاهده گردید (Araus et al., 2021).

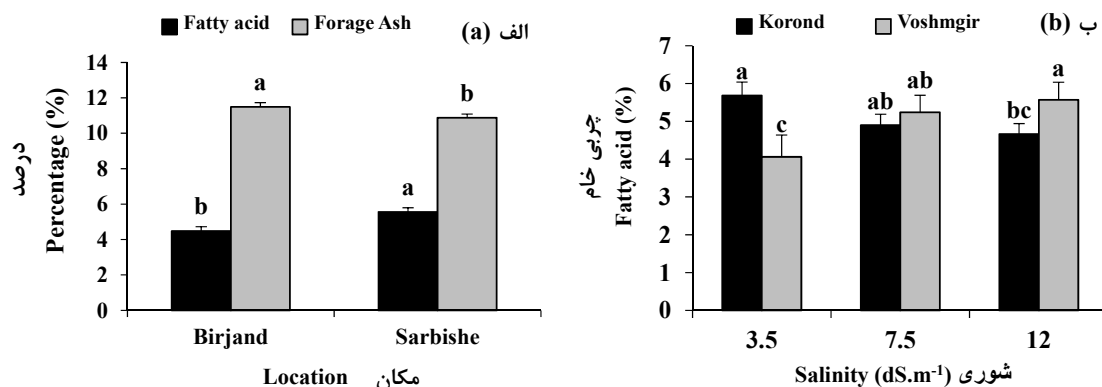
خاکستر خام

اثرات اصلی مکان و تراکم و اثرات متقابل شوری در تراکم و مکان در شوری در اکوتیپ بر خاکستر خام علوفه خارشتر معنی‌دار بود (جدول ۲). مقادیر خاکستر خام علوفه خارشتر در بیرجند به‌طور معنی‌داری بیشتر از سربیشه (۵/۳ درصد) بود (شکل ۴ الف). با افزایش تراکم از ۱۰ به ۲۰ بوته در

بر کنترل تجمع و تبدیل اسیدهای چرب (Bachlava and Cardinal, 2009) و تخریب آنزیم غیر اشباع‌ساز امگا-۶ باشد (Tang et al., 2005). مطالعات متعددی واکنش متفاوت میزان چربی خام ذخیره‌شده در بافت گیاهی را در اکوتیپ‌های مختلف در شرایط تنش شوری گزارش نموده‌اند. از جمله مشاهده شد که در اکوتیپ رامات نجو گونه *Inola crithmoides* با افزایش شوری چربی خام کاهش یافت ولی در اکوتیپ UAE افزایش شوری تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار منجر به کاهش چربی خام شد و با افزایش شوری به ۲۰۰ میلی‌مولار چربی خام به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت

بین مقادیر خاکستر خام علوفه یونجه کشت‌شده در مکان‌های مختلف گزارش شده است (Neu et al., 2017) که بیشتر ناشی از تفاوت‌های اقلیمی و عناصر موجود در خاک است. افزایش خاکستر خام در اثر افزایش تراکم علوفه در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (Han et al., 2020; Ferreira et al., 2014; Galego-Giraldo et al., 2016) که از علل آن کاهش محتوی کلروفیل برگ در تراکم‌های بالا است (Han et al., 2020) که منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و اسیمیلاسیون و تسریع پیری گیاه می‌گردد (Yin et al., 2019; Wang et al., 2019).

مترمربع خاکستر خام علوفه به‌طور معنی‌داری افزایش (۷/۵ درصد) یافت (جدول ۵). در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع افزایش شوری از ۳/۵ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بر خاکستر خام علوفه اثر معنی‌داری نداشت در حالی با افزایش همین میزان شوری در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع خاکستر خام علوفه به‌طور معنی‌داری افزایش (۹/۷ درصد) یافت (جدول ۳). تنها در اکوتیپ کرند در بیرجند با افزایش شوری از ۷/۵ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر خاکستر خام علوفه به‌طور معنی‌داری کاهش (۱۱ درصد) یافت هرچند اختلاف آن با سطح شوری ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود (جدول ۴). اختلاف



شکل ۴. اثر مکان بر چربی خام و خاکستر خام علوفه خارشتر (الف) و اثر متقابل شوری و اکوتیپ بر چربی خام علوفه خارشتر (ب).
Fig 4. Effect of location on camelthorn forage fatty acid and ash (a) and effect of salinity and ecotype interaction on camelthorn forage fatty acids.

مکان اختلاف معنی‌داری در این صفت مشاهده نشد (جدول ۴). میانگین انرژی متابولیسمی خارشتر ۹/۱۲ مگاژول بر کیلوگرم وزن خشک بود و با افزایش شوری از ۳/۵ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر انرژی متابولیسمی اکوتیپ کرند از ۹/۱۹ به ۹/۲۱ و اکوتیپ وشمگیر از ۸/۹۸ به ۹/۰۴ افزایش یافت هرچند این اختلاف معنی‌دار نبود بنابراین اعمال شوری بر این صفت بی‌تأثیر بود (جدول ۴). با توجه به این‌که گونه‌های مرتعی با انرژی متابولیسمی بیش از ۸ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک در زمره علوفه‌های با کیفیت بالا طبقه‌بندی می‌گردند (Arzani et al., 2010) بنابراین علوفه خارشتر سطح مطلوبی از انرژی متابولیسمی را جهت تغذیه دام تأمین می‌نماید. عوامل مختلفی می‌توانند بر اختلاف انرژی متابولیسمی بین اکوتیپ‌های مختلف مؤثر باشند از جمله نسبت برگ به ساقه که مشاهده‌شده در ژنوتیپ‌های یونجه با افزایش این نسبت انرژی متابولیسمی علوفه افزایش می‌یابد (Moor et

انرژی متابولیسمی

اثر اصلی اکوتیپ و اثرات متقابل مکان در اکوتیپ، مکان در تراکم و مکان در شوری در اکوتیپ بر انرژی متابولیسمی علوفه خارشتر معنی‌دار بود (جدول ۲). انرژی متابولیسمی علوفه اکوتیپ کرند به‌طور معنی‌داری بیشتر از اکوتیپ وشمگیر بود. اکوتیپ وشمگیر در بیرجند به‌طور معنی‌داری انرژی متابولیسمی کمتری (۳ درصد) نسبت به کرند داشت ولی در سربیشه اختلاف معنی‌داری در این صفت بین دو اکوتیپ مشاهده نشد (جدول ۶). در بیرجند با افزایش تراکم انرژی متابولیسمی افزایش یافت ولی در سربیشه افزایش تراکم تأثیری بر این صفت نداشت (شکل ۵ الف). اعمال شوری در هر دو مکان و اکوتیپ‌های مورد مطالعه تأثیر قابل‌توجهی بر انرژی متابولیسمی علوفه خارشتر نداشت به‌گونه‌ای که بین سطوح شوری ۳/۵ و ۱۲ در هر دو اکوتیپ و هر دو

متابولیسمی علوفه آن تأثیری نداشت (Baghestani et al., 2007). از طرفی گزارش شده است که تراکم بوته بر کیفیت ساقه یونجه مؤثر است (Julier et al., 2000). در تراکم‌های بالا، لیگنین ساقه کاهش و قابلیت هضم آن افزایش می‌یابد. همچنین مشخص شده که کاهش تراکم بوته‌های یونجه منجر به افزایش پلی‌ساکاریدهای غشائی سلول شده که منجر به کاهش قابلیت هضم و در نتیجه کاهش انرژی متابولیسمی خواهد شد (Lamb et al., 2007).

همچنین در اثر تغییراتی در ترکیبات شیمیایی، آناتومی و مورفولوژی گیاه که مستقل از مرحله رشدی آن بودند انرژی متابولیسمی گیاه افزایش یافت (Casler, 2001). افزایش دما منجر به کاهش پروتئین خام و قابلیت هضم علوفه می‌شود (Crain et al., 2010) و بنابراین افزایش انرژی متابولیسمی اکوتیپ و شمشگیر در سربیشه نسبت به بیرجند می‌تواند ناشی از دمای پایین‌تر این منطقه (شکل ۱) باشد. افزایش تراکم بوته در *Atriplex lentiformis* بر انرژی

جدول ۴. اثر متقابل مکان، شوری و اکوتیپ بر صفات کیفی و تجمع عناصر غذایی در علوفه خارشتر.

Table 4. Interaction between location, salinity and ecotype on nutrient accumulation and quality of camelthorn forage.

مکان Location	شوری Salinity	اکوتیپ Ecotype	چربی خام		انرژی متابولیسمی Metabolizable Energy	ماده خشک		فیبر نامحلول	
			Fatty acid	Ash		قابل هضم Dry Matter Digestibility	در شوینده A.D.F	در شوینده N.D.F	
			% -----		MJ.g ⁻¹ DM		% -----		
بیرجند Birjand	3.5	کرند	5.15 ^{cde}	11.67 ^{abc}	9.083 ^{bcd}	65.2 ^{bcd}	16.48 ^{ab}	40.52 ^{abcd}	
		وشمگیر	3.53 ^f	11.17 ^{abcd}	8.876 ^d	63.98 ^d	17.85 ^b	42.31 ^{ab}	
	7.5	کرند	4.21 ^{ef}	12.08 ^a	9.474 ^a	67.49 ^a	13.52 ^c	36.14 ^e	
		وشمگیر	3.61 ^f	11.33 ^{abcd}	8.88 ^d	64 ^d	17.9 ^a	39.62 ^{bcd}	
	12	کرند	3.9 ^f	10.75 ^{bcd}	9.19 ^{abc}	65.83 ^{abc}	16.16 ^{ab}	40.33 ^{bcd}	
		وشمگیر	6.47 ^{ab}	11.92 ^{ab}	9.135 ^{bcd}	65.5 ^{bcd}	16.39 ^{ab}	43.09 ^a	
سربیشه Sarbishe	3.5	کرند	6.21 ^{abc}	10.75 ^{bcd}	9.303 ^{ab}	66.49 ^{ab}	15.06 ^{bc}	39.55 ^{cd}	
		وشمگیر	4.59 ^{def}	10.42 ^{cd}	9.094 ^{bcd}	65.26 ^{bcd}	16.41 ^{ab}	39.62 ^{bcd}	
	7.5	کرند	5.59 ^{bcd}	11 ^{abcd}	8.893 ^d	64.08 ^d	17.76 ^a	43.16 ^a	
		وشمگیر	6.87 ^a	10.92 ^{abcd}	9.369 ^{ab}	66.88 ^{ab}	14.64 ^{bc}	36.78 ^e	
	12	کرند	5.42 ^{bcd}	11.92 ^{ab}	9.233 ^{abc}	66.07 ^{abc}	15.92 ^{ab}	41.52 ^{abc}	
		وشمگیر	4.68 ^{def}	10.25 ^d	8.957 ^{cd}	64.45 ^{cd}	17.88 ^a	38.41 ^{de}	
LSD			1.174	1.274	0.2949	1.735	2.076	2.754	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

In each column, means with similar letters have no significant difference at 5% probability levels.

معنی‌دار بود (جدول ۲). ماده خشک قابل هضم اکوتیپ کرند به‌طور معنی‌داری (۱/۲ درصد) بیشتر از اکوتیپ وشمگیر بود.

ماده خشک قابل هضم

اثر اصلی اکوتیپ اثرات متقابل مکان در اکوتیپ، مکان در تراکم و مکان در شوری در اکوتیپ بر ماده خشک قابل هضم

متفاوت است (Moor et al., 2020). برخی بافت‌های گیاهی هضم‌پذیری بیشتر دارند به‌عنوان نمونه مزوفیل و آوندهای آبکش بیشترین هضم‌پذیری را داشته و پس از آن‌ها اپیدرم، پارانشیم و اسکلرانسیم و در نهایت آوندهای چوبی هستند که کمترین هضم‌پذیری را دارند. نسبت بین این بافت‌ها در گیاه بر هضم‌پذیری آن مؤثر است. تفاوت این نسبت در اکوتیپ‌های مختلف بر هضم‌پذیری آن‌ها مؤثر خواهد بود. راثو و همکاران (Rao et al., 2002) گزارش کردند که میزان هضم‌پذیری ماده خشک بین اکوتیپ‌های مختلف لوبیای سودانی (*Cajanus cajan*) و نیز برگ و ساقه آن متفاوت است. افزایش تراکم با کاهش پلی‌ساکاریدهای غشایی سلول و کاهش لیگنین ساقه منجر به افزایش هضم‌پذیری ماده خشک علوفه می‌گردد (Lamd et al., 2007).

ماده خشک قابل هضم اکوتیپ کردند در بیرجند به‌طور معنی‌داری بیشتر (۲/۵ درصد) از اکوتیپ وشمگیر بود (جدول ۶). افزایش تراکم در بیرجند موجب افزایش معنی‌دار (درصد) ماده خشک قابل هضم شد ولی در سریشه اختلاف معنی‌داری بین دو تراکم مشاهده نشد (شکل ۵ ب). کمترین میزان ماده خشک قابل هضم مربوط به اکوتیپ وشمگیر در سطح شوری ۷/۵ دسی زیمنس بر متر در منطقه بیرجند (۶۴ درصد) بود درحالی‌که بیشترین میزان ماده خشک قابل هضم مربوط به اکوتیپ کردند در همان سطح شوری و منطقه (۶۷/۴۹ درصد) بود (جدول ۴). با توجه به اینکه علوفه‌ای با بیش از ۶۰ درصد ماده خشک قابل هضم علوفه‌ای خیلی مطلوب محسوب می‌گردد (Arzani et al., 2010) بنابراین بر مبنای این شاخص نیز کیفیت علوفه خارشتر مطلوب ارزیابی می‌گردد. درصد هضم‌پذیری ماده خشک بین گونه‌های مختلف گیاهی، بافت‌های مختلف و اندام‌های مختلف گیاه و مراحل مختلف رشد

جدول ۵. تأثیر تراکم بر خاکستر خام و فیبر نامحلول در شوینده خنثی در علوفه خارشتر.

Table 5. Effects of density on neutral detergent fiber and ash of camelthorn forage.

تراکم Density Plant.m ²	خاکستر خام Ash	فیبر نامحلول در شوینده خنثی N.D.F % -----
10	10.74 ^b	40.95 ^a
20	11.62 ^a	39.23 ^b
LSD	0.52	1.124

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

In each column, means with similar letters have no significant difference at 5% probability levels.

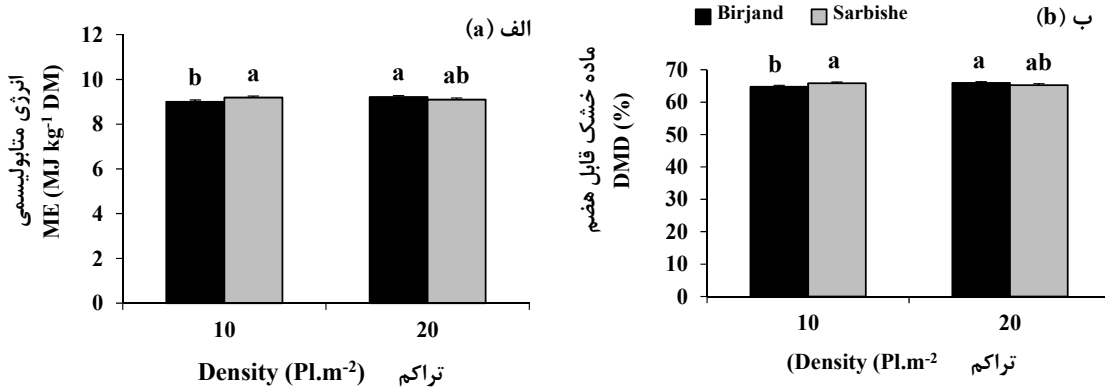
جدول ۶. اثر متقابل مکان و اکوتیپ بر صفات کیفی و تجمع عناصر غذایی در علوفه خارشتر.

Table 6. Interaction between location and ecotype on nutrient accumulation and quality of camelthorn forage.

مکان Location	اکوتیپ Ecotype	انرژی متابولیسمی Metabolizable Energy MJ.g ⁻¹ DM	ماده خشک قابل هضم Dry Matter Digestibility	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی A.D.F % -----	فیبر نامحلول در شوینده خنثی N.D.F
Birjand	کوند Korond	9.249 ^a	66.17 ^a	15.39 ^b	39 ^b
	وشمگیر Voshmgir	8.963 ^b	64.49 ^b	17.38 ^a	41.67 ^a
Sarbishe	کوند Korond	9.143 ^a	65.55 ^a	16.25 ^{ab}	41.41 ^a
	وشمگیر Voshmgir	9.14 ^a	65.53 ^a	16.31 ^{ab}	38.27 ^b
LSD		0.1703	1.002	1.199	1.59

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

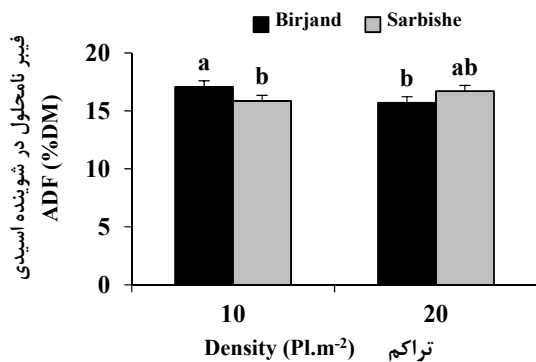
In each column, means with similar letters have no significant difference at 5% probability levels.



شکل ۵. اثر متقابل تراکم و مکان بر انرژی متابولیسمی (الف) و ماده خشک قابل هضم (ب) علوفه خارشتر.

Fig 5. Plant density and location interaction on metabolizable energy (a) and dry matter digestibility (b). ME and DMD indicates metabolizable energy and dry matter digestibility respectively.

خارشتر ۱۶/۳ درصد بود که نشانگر کیفیت بالای علوفه این گیاه از نظر این نوع فیبر است.



شکل ۶. اثر متقابل مکان و تراکم بر فیبر نامحلول در شوینده اسیدی علوفه خارشتر.

Fig. 6. Location and plant density interaction on acid detergent fiber (ADF) in camelthorn forage.

فیبر نامحلول در شوینده خنثی

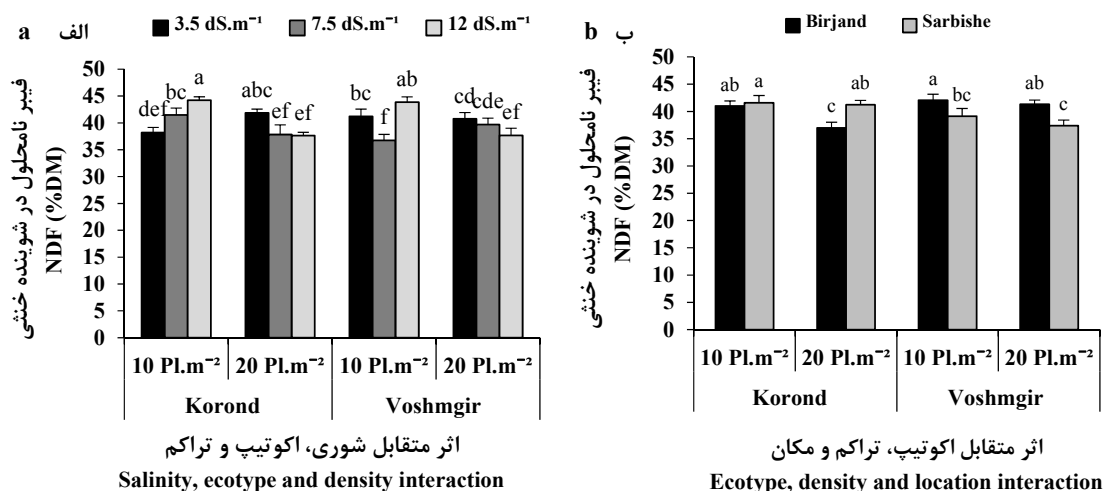
اثر اصلی تراکم و اثرات متقابل شوری در تراکم، مکان در اکوتیپ، شوری در اکوتیپ در تراکم، مکان در شوری در اکوتیپ و مکان در اکوتیپ در تراکم بر فیبر نامحلول در شوینده خنثی معنی دار بود (جدول ۲). افزایش تراکم از ۱۰ به ۲۰ بوته در مترمربع سبب کاهش (۴/۲ درصدی) معنی دار فیبر نامحلول در شوینده خنثی شد (جدول ۵). در سطح شوری آب آبیاری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر افزایش تراکم منجر به کاهش (۱۴/۵ درصدی) فیبر نامحلول در شوینده خنثی شد در حالی که افزایش تراکم در سطوح شوری پایین‌تر تأثیری

فیبر نامحلول در شوینده اسیدی

اثر اصلی اکوتیپ و اثرات متقابل مکان در اکوتیپ، مکان در تراکم و مکان در شوری در اکوتیپ بر فیبر نامحلول در شوینده اسیدی معنی دار بود (جدول ۲). مقادیر این صفت در اکوتیپ و شمشگیر به‌طور معنی داری (۳/۵ درصد) بیشتر از اکوتیپ کردند بود. اکوتیپ و شمشگیر در بیرجند به‌طور معنی داری (۱۱/۴ درصد) فیبر نامحلول در شوینده اسیدی بیشتری نسبت به اکوتیپ کردند ولی اختلاف بین دو اکوتیپ در سریشه معنی دار نبود (جدول ۶). با افزایش تراکم در بیرجند مقادیر این صفت به‌طور معنی داری (۷/۹ درصد) کاهش یافت ولی اختلاف بین دو تراکم در سریشه معنی دار نبود (شکل ۶). در شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر اکوتیپ کردند در سریشه (افزایش ۲۴ درصدی) و اکوتیپ و شمشگیر در بیرجند (افزایش ۱۶/۸ درصدی) افزایش فیبر نامحلول در شوینده اسیدی را نسبت به اکوتیپ دیگر نشان دادند (جدول ۴). مشاهده شده که با کاهش تراکم یونجه در اثر افزایش سن مزرعه مقدار فیبر نامحلول در شوینده اسیدی افزایش یافته است (Coruh and Tan, 2008). همچنین مشاهده شد که با افزایش تراکم *Cajanus cajan* تنها در یک مکان از سه مکان مورد آزمایش در اتیوپی، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی به‌طور معنی داری کاهش یافت و در دو مکان دیگر اختلاف معنی داری در این صفت مشاهده نشد (Mekonen et al., 2021). بر اساس استاندارد تعریف شده برای علوفه خشک یونجه علوفه‌ای با فیبر نامحلول در شوینده اسیدی کمتر از ۳۱ در رده عالی طبقه‌بندی می‌گردد (Moor et al., 2020) در این پژوهش مقدار متوسط این صفت در علوفه

ب). تأثیر افزایش تراکم بر کاهش فیبر نامحلول در شوینده خنثی در یونجه نیز گزارش شده است، به نظر می‌رسد کاهش تجمع لیگنین در دیواره سلولی یکی از علل کاهش فیبر نامحلول در شوینده خنثی با افزایش تراکم یونجه است (Crouh and Tan, 2008). اختلاف بین مقادیر فیبر نامحلول در شوینده خنثی در ارقام مختلف یونجه نیز گزارش شده است (Monirifar et al., 2020). اختلاف بین خصوصیات کیفی علوفه ارقام مختلف یونجه تا حد زیادی به نسبت برگ به ساقه ارتباط دارد (Annicchirico et al., 2010). بر اساس استاندارد تعریف شده برای علوفه خشک یونجه علوفه‌ای با فیبر نامحلول در شوینده خنثی بین ۲۰ تا ۴۶ درصد در رده علوفه درجه یک طبقه‌بندی می‌گردد (Moor et al., 2020) در این پژوهش مقدار متوسط این صفت در علوفه خارشتر ۴۰ درصد بود که نشانگر کیفیت بالای علوفه این گیاه از نظر این نوع فیبر است.

بر این صفت نداشت (جدول ۳). واکنش اکوتیپ‌ها به مکان در این صفت متفاوت بود و در بیرجند اکوتیپ کند (کاهش ۶/۴ درصدی) و در سربیشه اکوتیپ وشمگیر (کاهش ۷/۵ درصدی) نسبت به اکوتیپ دیگر کاهش معنی‌دار فیبر نامحلول در شوینده خنثی را نشان دادند (جدول ۶). هر دو اکوتیپ در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع با افزایش شوری از ۳/۵ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر فیبر نامحلول در شوینده خنثی افزایش یافت که این افزایش در اکوتیپ کند (۱۳/۶ درصد) معنی‌دار بود ولی در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع با افزایش شوری در هر دو اکوتیپ مقادیر این صفت به‌طور معنی‌داری کاهش (در اکوتیپ کند کاهش ۱۰/۱ درصدی و در اکوتیپ وشمگیر کاهش ۷/۵ درصدی) یافت (شکل ۷ الف). در بیرجند اکوتیپ کند در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع کمترین میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی (۳۶/۹۹ درصد) را نشان داد در حالی‌که در سربیشه اکوتیپ وشمگیر در همین تراکم کمترین میزان این صفت (۳۷/۴ درصد) را نشان داد (شکل ۷



شکل ۷. اثر متقابل و شوری اکوتیپ و تراکم (الف) مکان، اکوتیپ و تراکم (ب) بر فیبر نامحلول در شوینده خنثی علوفه خارشتر.

Fig. 7. Salinity, ecotype and density interaction (a) and location, ecotype and density interaction (b) on neutral detergent fiber of camelthorn forage.

بررسی، منجر به کاهش انرژی متابولیسمی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کیفیت علوفه نگردید؛ بنابراین تولید علوفه خارشتر توسط آب‌شور قابل توصیه است. با افزایش شوری، چربی خام اکوتیپ وشمگیر افزایش و در اکوتیپ کند کاهش یافت. انرژی متابولیسمی اکوتیپ کند در بیرجند

نتیجه‌گیری

با وجود این‌که افزایش شوری منجر به کاهش پروتئین خام علوفه (از ۱۳/۳۲ به ۱۲/۲۹ درصد) گردید ولی این شاخص کیفی علوفه همچنان رقم قابل توجهی را نشان می‌دهد. همچنین شوری بالا در هر دو مکان و هر دو اکوتیپ مورد

شوری منجر به افزایش فیبر نامحلول در شوینده خنثی گردید درحالی که در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع افزایش شوری موجب کاهش این نوع فیبر شد. در نتیجه ترکیب تراکم و شوری بالا منجر به بهبود کیفیت علوفه خارشتر گردید. در بیرجند اکوتیپ کردند و در سربیشه اکوتیپ وشمگیر در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع کمترین میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی را نشان دادند. در مجموع کیفیت علوفه تولیدی اکوتیپ کردند در بیرجند و اکوتیپ وشمگیر در سربیشه بالاتر بود. بر اساس معیارهای مورد بررسی در این پژوهش کیفیت علوفه خارشتر در هر دو مکان با دارا بودن فیبر نامحلول در شوینده خنثی کمتر از ۴۰ درصد، انرژی متابولیسمی بیش از ۹ درصد، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی ۱۶ درصد و پروتئین خام ۱۲/۹۶ درصد در حد مطلوب ارزیابی می‌گردد و می‌توان از این گیاه برای تولید علوفه با استفاده از آب‌های شور بهره برد.

بیشتر از وشمگیر بود ولی در سربیشه اختلاف معنی‌داری بین دو اکوتیپ مشاهده نشد. در بیرجند اکوتیپ کردند و در سربیشه اکوتیپ وشمگیر، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی کمتری را نشان دادند. چربی خام علوفه در سربیشه بیشتر و خاکستر خام آن کمتر از بیرجند بود؛ بنابراین کیفیت علوفه تولیدی در سربیشه بیشتر بود. افزایش تراکم بوته در بیرجند منجر به افزایش انرژی متابولیسمی و کاهش فیبر نامحلول در شوینده اسیدی شد ولی در سربیشه تأثیری بر این صفت نداشت؛ بنابراین کشت این گیاه در بیرجند با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع توصیه می‌گردد. در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر با افزایش تراکم، فیبر نامحلول در شوینده خنثی کاهش یافت ولی در سایر سطوح شوری این واکنش مشاهده نگردید؛ بنابراین در سطوح شوری بالا کشت با تراکم بالا (۲۰ بوته در مترمربع) منجر به افزایش کیفیت علوفه خارشتر خواهد شد. در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع افزایش

منابع

- Al-Dakheel, A.J., Hussain, M.I., Rahman, A., 2015. Impact of irrigation water salinity on agronomical and quality attributes of *Cenchrus ciliaris* L. accessions. *Agricultural Water Management*. 159, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.014>
- Annicchiarico, P., Scotti, C., Carelli, M., Pecetti, L., 2010. Questions and avenues for lucerne improvement. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 46, 1–13. <https://doi.org/10.17221/90/2009-CJGPB>
- Araus, J.L., Rezzouk, F.Z., Thushar, S., Shahid, M., Elouafi, A., Bort, J., Serret, D., 2021. Effect of irrigation salinity and ecotype on the growth, physiological indicators and seed yield and quality of *Salicornia europaea*. *Plant Science*. 304, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.110819>
- Arzani, H., Motamedi, J., Zare Chahoki, M.A. 2010. Report of national project “Forage quality of range species in Iran”, Organization of Forests, Rangelands and Watershed Management of Iran, 230 p. [In Persian]
- Asghari, M. H., Fallah, M., Moloudizargari, M., Mehdi khani, F., Sepehrnia, P., Moradi, B., 2016. A Systematic and Mechanistic Review on the Phytopharmacological Properties of Alhagi Species. *Ancient Science of Life*. 36(2), 65–71. https://doi.org/10.4103%2Fasl.ASL_37_16
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC)., 2000. *Official Methods of Analysis*, 7th Ed., Animal Feed, Arlington: AOAC International, p.54.
- Atrian, P., 2009. *Sheep Nutrition*. First edition, Aeej press, 348p.
- Bachlava, E., Cardinal, A.J., 2009. Correlation between temperature and oleic acid seed content in three segregating soybean populations. *Crop Science*,. 49 (4), 1328-1335. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.11.0660>
- Baghestani Maybodi, N., Sanadgol, A.A., Zare, M.T., 2007. Effect of plant row spaces and cutting methods on forage quality of *Atriplex lentiformis* in Yazd province. *Pajouhesh and Sazandegi*, 73, 55-64. [In Persian]
- Bahraini, M.J., Dehghani Ghenatghehstani, A., 2004. Summer forage sorghum yield, protein and prussic acid contents as affected by plant density and nitrogen topdressing. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 6, 73-83.
- Bathgate, A.D., O'Connell, M., 2001. Economics of saltland pastures. pp. 167–169. In: 7th National Conference on Productive Use and Rehabilitation of Saline Lands, 2001. Launceston, Australia.

- Bellaloui, N., Mengistu, A., Kassem, M.A., 2013. Effect of genetics and environment on fatty acid stability in soybean seed. *Food and Nutrition Science*. 4, 165-175. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.49A1024>
- Blaise, D., Singh, J.V., Bonde, A.N., Tekale, K.U., Mayee, C.D., 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rainfed cotton (*Gossypium hirsutum*). *Bioresource Technology*. 96 (3), 345-349. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.03.008>
- Casler, M.D., 2001. Breeding forage crops for increased nutritional value. *Advances in Agronomy*. 71, 51-107.
- Craine, J.M., Elmore, A.J., Olson, K.C., Tolleson, D., 2010. Climate change and cattle nutritional stress. *Global Change Biology*. 16(10), 2901-2911. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02060.x>
- Coruh, I., Tan, M., 2008. Lucerne persistence, yield and quality as influenced by stand aging. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 51, 39-43. <https://doi.org/10.1080/00288230809510433>
- Davazdahemami, S., Alizadeh, M., Zeinali, H., Jalali, S., 2020. Yield and nutritive value of sainfoin (*Onobrychis vicifolia* Scop.). *Genetics and Plant Breeding*, 9(1), 1-9.
- El Shaer, H.M., 2010. Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. *Small Ruminant Research*. 91, 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.01.010>
- Flowers, T.J., Hajibagheri, M.A., Clipson, N.J.W., 1986. Halophytes. *The Quarterly Review of Biology*. 61, 313-337. <https://doi.org/10.1086/415032>
- Flowers, T.J., Colmer, T.D., 2008. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*. 179, 945-963.
- Ferreira, G., Alfonso, M., Depino, S., Alessandri, E., 2014. Effect of planting density on nutritional quality of green-chopped corn for silage. *Dairy Science*. 97, 5918-5921.
- Gallego-Giraldo, L., Shadle, G., Shen, H., Barros-Rios, J., Fresquet, S., Wang, H., Dixon, R., 2016. Combining enhanced biomass density with reduced lignin level for improved forage quality. *Plant Biotechnology*. 14, 895-904. <https://doi.org/10.1111/pbi.12439>
- Han, K., Liu, B., Liu, P., Wang, Z., 2020. The optimal plant density of maize for dairy cow forage production. *Agronomy*. 112 (3), 1-13. <https://doi.org/10.1002/agj2.20004>
- Hedayati-Firoozabadi, A., Kazemeini, S.A., Pirasteh-Anosheh, H., Ghadiri, H., Pessarakli, M., 2020. Forage yield and quality as affected by salt stress in different ratios of *Sorghum bicolor*-*Bassia indica* intercropping. *Journal of Plant Nutrition*. 43(17), 2579-2589. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1783301>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.11.001>
- Julier, B., Huyghe, C. Ecalte, C., 2000. Within- and among- cultivar genetic variation in alfalfa forage quality, morphology and yield. *Crop Science*. 40, 365-369. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402365x>
- Kazemi, M., Ghasemi Bezdi, K., 2021. An investigation of the nutritional value of camelthorn (*Alhagi maurorum*) at three growth stage and its substitution with part of the forage in Afshari ewes diet. *Animal Feed Science and Technology*. 271, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114762>
- Kurban, H., Saneoka, H., Nehira, K., Adilla, R., Premachandra, G.S., Fujita, K., 1999. Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudalhagi*. *Plant Nutrition and Soil Science*. 45(4), 851-862. <https://doi.org/10.1080/00380768.1999.10414334>
- Laghari, A.H., Memon, A.A., Memon, S., Nelofar, A., Khan, K.M., Yasmin, A., 2012. Determination of free phenolic acids and antioxidant capacity of methanolic extracts obtained from leaves and flowers of camel thorn (*Alhagi maurorum*). *Natural Products Researches*. 26 (2), 173-176. <https://doi.org/10.1080/14786419.2010.538846>
- Lamb, J.F.S., H.J.G. Jung, C.C. Sheaffer, Samac, D.A., 2007. Alfalfa leaf protein and stem

- carbohydrate and lignin content under hay and biomass management systems. *Crop Science*. 47, 1407-1415. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.10.0665>
- Masters, D.G., Benes, S.E., Norman, H.C., 2007. Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 119, 234-248. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.08.003>
- Masters, D., Tiong, M., Vercoe, P., Norman, H., 2010. The nutritive value of river saltbush (*Atriplex amnicola*) when grown in different concentrations of sodium chloride irrigation solution. *Small Ruminant Research*. 91(1), 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.10.019>
- Mekonen, T., Tolera, A., Nurfeta, A., Bradford, B., Mekasha, A., 2021. Location and plant spacing affected biomass yield and nutritional value of pigeon pea forage. *Agronomy Journal*, 2021, 1-20. <https://doi.org/10.1002/agj2.20803>
- Monirifar, H., Mirmozaffari Roudsari, A., Ghassemi, S., Tavasolee, A., 2020. Harvest time and cultivar effect on growth, physiological traits, yield and quality of alfalfa in saline condition. *International Journal of Plant Production*. 13, 453-462. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00096-3>
- Moor, K.J., Collins, M., Nelson, C.J., Redfearn, D.D., 2020. Forages: The Science of Grassland Agriculture, Vol 2, 7th (eds). Wiley, Croydon, UK, PP, 608-714.
- Muhammad, G., Muhammad, A.H., Farooq, A., Muhammas, A., Anwar-Hassan, G., 2014. Alhagi: A plant genus rich in bioactive for pharmaceuticals, *Phytotherapy Research*. 29(1), 1-13. <https://doi.org/10.1002/ptr.5222>
- Munns, R., 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*. 167, 645-663. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>
- Naseri, H., Lashkari sanami, N., Sadeghi Sangdehi, S.A., 2019. Forage quality change of camel's feeding in the Maranjab desert. *Range and Watershed Management*. 71(4), 1099-1109. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2018.264225.1292>
- Neu, A.E., Sheaffer, C.C., Undersander, J., Hall, M.H., Kniffen, D.M., Wells, M.S., Catalano, D.N., Martinson, K.L., 2017. Hay rake-type effect on ash and forage nutritive values of alfalfa hay. *Agronomy*. 109(5), 2163-2171. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.03.0185>
- Piri, A., Palangi, A., Eivazi, P., 2012. The determination of nutritive value of Alhagi by in situ and gas production techniques, *European Journal of Experimental Biology*. 2(3), 846-849.
- Rao, S.C., Coleman, S.W., Mayeux, H.S., 2002. Forage production and nutritive value of selected pigeonpea ecotypes in the southern Great Plains. *Crop Science*. 42(4), 1259-1263. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1259>
- Rozema, J., Flowers, T., 2008. Crops for a salinized world. *Science*. 322, 1478-1480. <https://doi.org/10.1126/science.1168572>
- Saroya, A.S., 2013. *Controversial Herbal Drugs of Ayurveda*. Scientific Publishers, India, 279p.
- Seiter, S., Altemose, C.E., Davis, H., 2004. Forage soybean yield and quality responses to plant density and row distance. *Agronomy Journal*. 96, 966-970. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0966>
- Song, J., Chen, M., Feng, G., Jia, Y., Wang, B., Zhang, F., 2009. Effect of salinity on growth, ion accumulation and the roles of ions in osmotic adjustment of two populations of *Suaeda salsa*. *Plant Soil*. 314, 133-141. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9712-3>
- Standing Committee on Agriculture (SCA). 1990. CSIRO. Melbourne, Australia, 266 p.
- Tang, G.Q., Novitzky, W.P., Griffin, H.C., Huber, S.C., Dewey, R.E., 2005. Oleate desaturase enzymes of soybean: evidence of regulation through differential stability and phosphorylation. *Plant Journal*. 44(3), 433-446. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02535.x>
- Towhidi, A., Zhandi, M., 2007. Chemical composition, in vitro digestibility and palatability of nine plant species for dromedary camels in the province of Semnan, Iran. *Egyptian Journal of Biology*. 9, 47-52.
- Ventura, Y., Eshel A., Pasternak, D., Sagi, M., 2015. The development of halophyte-based agriculture: past and present. *Annals of Botany*. 115(3), 1-12. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu173>
- Wang, X., He, H., Kou, S., Zhou, Y., Liu, Z., Yang, Y., Zhou, W., 2019. Effect of different planting densities on biomass yield and quality for various varieties of silage maize. *Pratacultural Science*. 36(1), 169-177.

- Yin, L., Xu, H., Dong, S., Chu, J., Dai, X., He, M., 2019. Optimised nitrogen allocation favours improvement in canopy photosynthetic nitrogen-use efficiency: Evidence from late-sown winter wheat. *Environmental and Experimental Botany*. 159, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.12.013>
- Zou, G.A., Mansur, S., Hu, S.C., Aisa, H.A., Shakhidoyatov, K.M., 2012. Pyrrole alkaloids from *Alhagi sparsifolia*. *Chemistry Natural Products*. 48(4), 635–37. <https://doi.org/10.1007/s10600-012-0330-1>