



ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه لاین‌های شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum*) یک‌چین در شرایط اقلیمی کرج

Evaluation of Forage Yield and Quality of Single-Cut Persian Clover (*Trifolium resupinatum*) Lines under Climatic Conditions of Karaj in Iran

محمد زمانیان^{۱*} , سعید حیدرزاده^۲ و فرید گل‌زردی^۳

- ۱- دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
 ۲- دکتری زراعت، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
 ۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۷

چکیده

زمانیان، م.، حیدرزاده، س. و گل‌زردی، ف. ۱۴۰۳. ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه لاین‌های شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum*) یک‌چین در شرایط اقلیمی کرج. نهال و بذر ۴۰: ۲۷۰-۲۴۱

به‌منظور بررسی عملکرد و کیفیت علوفه لاین‌های شبدر ایرانی یک‌چین، آزمایشی مزرعه‌ای با ۱۸ ژنوتیپ (ده لاین با منشاء بروجرد و هشت لاین با منشاء کرج) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در دو سال زراعی (۱۴۰۱-۱۴۰۳) اجرا شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد برهمکنش سال × ژنوتیپ بر عملکرد علوفه خشک، عملکرد پروتئین علوفه، محتوی کربوهیدرات‌های محلول در آب و خاکستر علوفه در سطح احتمال یک درصد و بر محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، قابلیت هضم ماده خشک، کل مواد مغذی قابل هضم، ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی خالص شیردهی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد علوفه خشک (۵/۹ تن در هکتار) در لاین‌های LB2 با منشاء بروجرد و LK12 با منشاء کرج در سال دوم کشت به‌دست آمد، در حالی که کمترین عملکرد علوفه خشک (۳/۳ تن در هکتار) در لاین LB3 با منشاء بروجرد در سال دوم برداشت شد. بیشترین عملکرد پروتئین علوفه (۱/۰۷ تن در هکتار) و حداقل مقادیر الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و خشی (به ترتیب ۳۰/۶۷ و ۴۱/۷۱ درصد) در لاین LB2 در سال اول ثبت شد، در حالی که لاین LK16 با منشاء کرج در سال دوم بالاترین محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۳۸/۸۰ درصد) را داشت. لاین‌های LB2 و LK12 در هر دو سال، بالاترین مقادیر خاکستر علوفه، محتوای ماده خشک مصرفی، کربوهیدرات‌های محلول در آب، ارزش نسبی تغذیه‌ای، انرژی خالص شیردهی و جذب عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) را داشت. به‌طور کلی، لاین‌های LB2 و LK12 به‌عنوان لاین‌های برتر با عملکرد و کیفیت مطلوب علوفه شناسایی شدند که می‌توانند برای تولید علوفه با ارزش غذایی بالا در تغذیه دام مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: شبدر ایرانی، ارزش نسبی تغذیه‌ای، انرژی خالص شیردهی، خاکستر، عملکرد پروتئین.

تلفن: ۰۲۶۳۲۷۰۵۹۹۲

* نگارنده مسئول: m.zamanian@areeo.ac.ir



2024© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

مقدمه

گیاهان خانواده بقولات به ویژه گونه های جنس *Trifolium*، به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن هوا و افزایش حاصلخیزی خاک، نقش محوری در نظام های زراعی پایدار ایفا می کنند (Ashoori et al., 2021; Enkhabat et al., 2023). شبدر یک نام عمومی است که تقریباً ۳۰۰ گونه گیاهی متعلق به این خانواده را در بر می گیرد (Balazadeh et al., 2021). این گونه ها به دلیل پتانسیل رشد مطلوب و ارزش دارویی و غذایی قابل توجه برای حیوانات در سطح جهانی کشت و استفاده می شوند (Bakhtiyari et al., 2020).

از میان گونه های مختلف این جنس، شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum*) یکی از مهمترین گیاهان علوفه ای یک ساله در مناطق معتدل و نیمه خشک به شمار می رود که به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن، سازگاری با شرایط اقلیمی متنوع و ارزش غذایی بالا، در تأمین علوفه با کیفیت برای دام ها نقش مهمی ایفا می کند (Zamanian et al., 2024a).

شبدر ایرانی بومی ایران است و بیش از سی هزار هکتار از اراضی زراعی کشور را به کشت آن اختصاص دارد و دارای انواع یک چین و چند چین است (Zamanian and Shahvardi, 2017). اگرچه ارقام چندچین برای تولید طولانی مدت علوفه توصیه می شوند، اما ژنوتیپ های یک چین به دلیل دوره رشد کوتاه تر و تأمین سریع علوفه با کمیت و کیفیت بالا در اوایل بهار (که کمبود علوفه وجود دارد)

مزیت دارند (Soares et al., 2022). این خصوصیات، خطر برخورد به تنش خشکی اواخر بهار را کاهش داده و امکان کشت این ارقام قبل و بعد از غلات را فراهم می کند و انعطاف پذیری نظام زراعی را افزایش می دهد (Zamanian, 2007; Balazadeh et al., 2021).

ارقام یک چین با سرعت رشد بالاتر، سریع تر به اوج عملکرد خود می رسند و عملکرد علوفه بالایی را در همان یک چین تولید می کنند و زیست توده بیشتری را به برگ ها اختصاص می دهند.

شبدرهای یک چین به عنوان کشت بینابینی در تناوب های منطقه کرج مناسب هستند (Zamanian, 2007). مدیریت ارقام یک چین در مقایسه با انواع چند چین ساده تر است و کشاورزان فقط باید برای یک عملیات برداشت برنامه ریزی کنند. این تولید متمرکز می تواند در نظام های کشاورزی با دسترسی محدود به انرژی و نیروی کار یا زمانی که عملیات مزرعه ای باید به حداقل برسد، سودمند باشد (Gaudin et al., 2013). دوره رشد ژنوتیپ های شبدر تک چین (پائیز تا اواخر فروردین) با الگوهای بارندگی فصلی مطابقت دارد که سبب افزایش راندمان مصرف آب آنها در مقایسه با انواع شبدر چند چین می شود (Kucukduvan and Ates, 2021; Balazadeh et al., 2021). بسته شدن سریع تر کانوبی در ارقام یک چین، تبخیر خاک را کاهش داده و تولید ریشه های عمیق، تجمع زیست توده را در

شبدر ایرانی یک چین می‌تواند در جیره غذایی نشخوارکنندگان نقشی اساسی ایفا کند، بنابراین شناسایی ارقامی که از کیفیت و ارزش غذایی بالایی برخوردار بوده و دارای حداقل ترکیبات ضد کیفیت باشند، ضروری است (Heydarzadeh *et al.*, 2022; Heydarzadeh *et al.*, 2023). عملکرد و کیفیت علوفه شبدر ایرانی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی و مدیریت زراعی و برهمکنش آنها قرار می‌گیرد که بررسی این عوامل برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر ضروری به نظر می‌رسد (Bakhtiyari *et al.*, 2020). کیفیت علوفه شبدر تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله ویژگی‌های شیمیایی خاک، کوددهی، رطوبت، مرحله رشد گیاه، دفعات چرا، آب و هوا و گونه‌ها قرار می‌گیرد (Xolocotzi-Acoltzi *et al.*, 2024).

ایران، به‌عنوان یکی از مراکز اصلی تنوع ژنتیکی شبدر، دارای ذخایر ژرم‌پلاس غنی از این گیاه است که پتانسیل بالایی برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و تولید ارقام جدید با عملکرد بالا و کیفیت مطلوب فراهم می‌کند (Zamanian, 2016; Zamanian *et al.*, 2024a). تنوع ژنتیکی به‌عنوان مبنای تکامل همه موجودات، برای تمامی پژوهشگران حوزه‌های اصلاح نباتات و ژنتیک اهمیت دارد (Zamanian, 2016). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تنوع ژنتیکی در شبدر ایرانی می‌تواند به تفاوت‌های معنی‌داری در عملکرد علوفه، میزان پروتئین و ویژگی‌های کیفیت مانند قابلیت هضم

طول دوره‌های کم‌آبی حفظ می‌کند (Taab *et al.*, 2023). بنابراین، در مناطق نیمه‌خشک با محدودیت منابع آبی، مشابه کرج، لاین‌های تک چین شبدر ایرانی می‌توانند به تأمین علوفه با کیفیت در اوایل بهار و در عین حال تثبیت نیتروژن، سرکوب علف‌های هرز و حفظ رطوبت خاک برای محصولات بعدی کمک کنند.

شبدر ایرانی منبع غنی از پروتئین، انرژی و مواد معدنی است و به‌طور خاص در جیره غذایی دام‌های نشخوارکننده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Balazadeh *et al.*, 2021). این گیاه دارای محتوای نیتروژن بالایی است و قابلیت هضم آن نسبت به سایر لگوم‌های یک‌ساله بیشتر است (Taab *et al.*, 2023). این گونه به‌عنوان محصول علوفه‌ای زمستانه کشت می‌شود و می‌تواند در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد زنده بماند (Haerinasab and Islami-Farouji, 2022). شبدر ایرانی با طیف وسیعی از انواع خاک سازگار است، اما در خاک‌های لومی رسی با زه‌کشی خوب و اسیدیته ۵ تا ۸ عملکرد بهتری تولید می‌کند (Kucukduvan and Ates, 2021). همچنین، این گیاه در مناطقی که بین ۴۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر بارندگی سالانه دریافت می‌کنند، به خوبی رشد می‌کند (Zamanian *et al.*, 2024b). نیاز آبی ژنوتیپ‌های شبدر ایرانی یک‌چین در حدود ۴۰۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر است که در مناطقی مانند کرج نیمی از آن از طریق بارندگی و مابقی از طریق آبیاری تکمیلی تأمین می‌شود (Balazadeh *et al.*, 2021).

و محتوای مواد مغذی آن منجر شود (Balazadeh et al., 2021).

نتایج مقایسه عملکرد علوفه ۱۵۰ لاین شبدر ایرانی نشان داد که ۲۰ لاین برتر از نظر عملکرد علوفه خشک و خصوصیات کیفیت، شامل هشت توده با منشا بالاده کارزون، پنج توده با منشا اقلید فارس، دو توده محلی زابل، دو توده لردگان چهارمحال و بختیاری، یک توده کردستان، یک توده فامور کازرون و یک توده شازند بودند (Zamanian, 2007). زمانیان و شاهوردی (Zamanian and Shahvardi, 2017) با مطالعه پایداری عملکرد علوفه لاین‌های امیدبخش شبدر ایرانی گزارش کردند که در کرج لاین KPC/Eqlid-e-Fars/78-37، در سنندج لاین KPC/Eqlid-e-Fars/78-5، در شهرکرد لاین KPC/Lordegan-e-Char./78-17 و در بروجرد لاین KPC/2Chinene-e-Kord/78-30 برترین لاین‌ها از نظر عملکرد علوفه خشک و پایداری آن بودند.

بالازاده و همکاران (Balazadeh et al., 2021) نیز با بررسی عملکرد لاین‌های شبدر ایرانی گزارش کردند بیشترین عملکرد علوفه خشک و پروتئین به ترتیب در توده هرات و رقم پارس مشاهده شد، درحالی که حداکثر ارزش نسبی تغذیه‌ای و قابلیت هضم ماده خشک در توده زابل بود. با وجود مطالعات انجام‌شده بر روی لاین‌های چندچین، اطلاعات محدودی درباره عملکرد و کیفیت علوفه لاین‌های تک‌چین شبدر ایرانی در دسترس است که

ضرورت انجام تحقیقات بیشتر را نشان می‌دهد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی عملکرد و ویژگی‌های کیفیت علوفه ۱۸ لاین شبدر ایرانی تک‌چین در شرایط محیطی کرج در دو سال زراعی اجرا شد تا ژنوتیپ‌های برتر با عملکرد بالا و کیفیت علوفه مطلوب شناسایی بتوان از آن‌ها در برنامه‌های به نژادی و تولید علوفه پایدار در مناطق با شرایط مشابه بهره برد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ و ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج (۳۵/۷۹۸ درجه شمالی و ۵۰/۹۳۷ درجه شرقی با ارتفاع ۱۳۲۳ متر از سطح دریا) انجام شد. آزمایش با ۱۸ لاین شبدر ایرانی یک‌چین (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

لاین‌های مورد بررسی از توده‌های محلی یک‌چین و طی پنج نسل خودگشتی با استفاده از روش انتخاب تک‌بوته‌ای حاصل شدند و دارای خلوص ژنتیکی و یکنواختی فنوتیپی بودند. از خصوصیات ویژه لاین‌های انتخابی برای ارزیابی تولید عملکرد علوفه بالا در همان یک‌چین است که تقریباً دو برابر عملکرد علوفه چین اول در ارقام شبدر چندچین بود. همچنین برخلاف ارقام شبدر چندچین که سرعت رشد مجدد بالایی دارند، رشد این ژنوتیپ‌ها پس از برداشت چین اول تقریباً متوقف می‌شود.

جدول ۱- نام و منشأ لاین های شبدر ایرانی یک چین مورد مطالعه

Table 1. Name and origin of the studied single-cut Persian clover lines

شماره لاین Line number	منشأ لاین Line origin	نام لاین Line name	شماره لاین Line number	منشأ لاین Line origin	نام لاین Line name
1	Borujerd	بروجرد LB1	10	Borujerd	بروجرد LB6
2	Karaj	کرج LK11	11	Karaj	کرج LK16
3	Borujerd	بروجرد LB2	12	Borujerd	بروجرد LB7
4	Karaj	کرج LKWA1	13	Borujerd	بروجرد LB8
5	Borujerd	بروجرد LB3	14	Karaj	کرج LK2
6	Borujerd	بروجرد LB4	15	Borujerd	بروجرد LB9
7	Borujerd	بروجرد LB5	16	Karaj	کرج LK12
8	Karaj	کرج LK250	17	Karaj	کرج LK1
9	Karaj	کرج LK6	18	Borujerd	بروجرد LB10

به منظور تعیین کودهای موردنیاز، پیش از کاشت از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری و تجزیه خاک با استفاده از روش های استاندارد آزمایشگاهی انجام شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۲) و نیاز غذایی شبدر ایرانی، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم (حاوی ۴۶ درصد P_2O_5 و ۱۸ درصد نیتروژن) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) به عنوان کود پایه، قبل از کاشت به زمین اضافه و همراه با شخم با خاک مخلوط شد.

جدول ۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در محل اجرای آزمایش

Table 2. Physico-chemical properties of the soil at the experimental site

عمق (سانتی متر) Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorous	درصد نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS m ⁻¹)	واکش گل اشباع pH
0-30	Clay loam	245	11	0.09	0.83	7.9

به منظور آماده سازی بستر کشت، زمین قبل از کاشت شخم زده شد و سپس با دو دیسک عمود بر هم آماده گردید. بذر لاین های مختلف شبدر ایرانی با قوه نامیه ۹۹ درصد از بخش تحقیقات ذرت و علوفه، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه و بر اساس میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار در تاریخ های ۱۵ شهریور ۱۴۰۱ در سال و ۱۷ شهریور در سال ۱۴۰۲ به صورت دستی در عمق سه سانتی متری کاشته شد. برای کنترل و مدیریت علف های هرز از علف کش ارادیکان (ای پی تی سی + ایمن کننده دی کلرامید) به میزان چهار لیتر در هکتار به صورت پیش کاشت استفاده شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول پنج متر با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی متر بود. آبیاری اولیه بلافاصله پس از کاشت انجام شد و آبیاری های بعدی با توجه به شرایط اقلیمی و نیاز رطوبتی گیاه اعمال گردید. روش آبیاری قطره ای

نواری (تیپ) بود و در کل فصل رشد، هشت نوبت آبیاری در سال اول و هفت نوبت آبیاری در سال دوم انجام شد. حجم کل آب آبیاری مصرفی طی سال اول و دوم به ترتیب ۲۵۰۰ و ۲۳۰۰ مترمکعب در هکتار بود. داده‌های آب‌وهوایی (دما و بارندگی) در دوره آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- میانگین دمای هوا و مجموع بارش ماهانه در دوره آزمایش در فصل‌های زراعی ۱۴۰۱-۰۲ و ۱۴۰۲-۰۳ در کرج

Table 3. Monthly mean air temperature and total precipitation during the experimental period in 2022-23 and 2023-24 growing seasons in Karaj

Month	ماه	میانگین دما (سانتی‌گراد) Mean temperature °C		مجموع بارش (میلی‌متر) Total precipitation (mm)	
		2022-23	2023-24	2022-23	2023-24
September	شهریور	23.9	23.1	0	0
October	مهر	17.5	16.8	3	7
November	آبان	9.8	11.6	6	17
December	آذر	4.0	6.6	13	18
January	دی	1.7	5.3	43	52
February	بهمن	2.5	3.8	32	54
March	اسفند	8.6	8.5	62	77
April	فروردین	12.8	15.4	23	13

(Crude protein = CP)، قابلیت هضم ماده خشک (Digestible dry matter = DDM)، کربوهیدرات‌های محلول در آب (Water-soluble carbohydrate = WSC)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (Acid detergent fiber = ADF)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (Neutral detergent fiber = NDF) و خاکستر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک (NIRS)، مدل Perten، Inframatic 8620 (Jafari Instruments، آلمان) اندازه‌گیری شدند (Jafari *et al.*, 2003). علاوه بر این، کل مواد مغذی قابل هضم (Total digestible nutrient = TDN)، ماده خشک مصرفی (Dry matter intake = DMI)، ارزش نسبی تغذیه‌ای (Relative feed value =

برداشت علوفه در مرحله ۲۵ درصد گلدهی (اواخر فروردین) انجام شد و پس از حذف اثر حاشیه‌ای، سطحی معادل دو مترمربع از مرکز هر کرت برداشت شد. از نظر زمان رسیدن به مرحله ۲۵ درصد گلدهی، سه روز بین لاین‌ها تفاوت وجود داشت. به منظور تعیین عملکرد علوفه خشک و هم‌چنین ارزیابی خصوصیات کیفیت علوفه، نمونه‌های یک کیلوگرمی علوفه از هر کرت در پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند.

نمونه‌های خشک‌شده با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی پودر شده و با الک غربال شدند. ویژگی‌های کیفی شامل درصد پروتئین خام

(RFV و انرژی خالص شیردهی (Net energy for lactation = NEL) رابطه های ۱ تا ۴ محاسبه شدند (Ashoori et al., 2021);

$$\text{TDN} = (-1.291 \times \text{ADF}) + 101.35 \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$\text{DMI} = 120 / \text{NDF} \quad (\text{رابطه ۲})$$

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

$$\text{NEL} = (1.044 - (0.0119 \times \text{ADF}) \times 2.205 \quad (\text{رابطه ۴})$$

درجه سانتیگراد گرم شد تا محلول شفاف به دست آید. پس از سرد شدن، محلول با آب دیونیزه به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد.

محلول هضم شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن (گرید ۴۲) فیلتر شد تا ذرات معلق احتمالی حذف شوند. یک میلی لیتر از محلول هضم شده با پنج میلی لیتر معرف وانادومولیدات (ترکیب مولیدات آمونیوم و متاوانادات آمونیوم در اسید نیتریک رقیق) مخلوط شد. پس از ۱۰ دقیقه انکوباسیون در دمای اتاق، رنگ آبی-زرد تشکیل شد. جذب نوری محلول در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل Spectronic 20) اندازه گیری شد و غلظت فسفر با استفاده از منحنی کالیبراسیون استاندارد (با محدوده ۰/۱ تا ۱۰ پی پی ام فسفر) محاسبه گردید. غلظت پتاسیم نیز با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر تعیین شد و شدت نشر پتاسیم در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر اندازه گیری گردید. غلظت پتاسیم با استفاده از منحنی کالیبراسیون استاندارد (با محدوده ۰/۱ تا ۵۰ پی پی ام پتاسیم) تعیین گردید (Perkin, 1982; Waling et al., 1989).

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار

در این رابطه ها، TDN کل مواد مغذی قابل هضم (درصد)، ADF الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)، DMI ماده خشک مصرفی (درصد)، NDF الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)، RFV ارزش نسبی تغذیه ای (درصد)، DMD قابلیت هضم ماده خشک (درصد) و NEL انرژی خالص شیردهی (مگا کالری در کیلو گرم) می باشند. عملکرد پروتئین خام از حاصل ضرب درصد پروتئین خام در عملکرد علوفه خشک محاسبه شد.

محتوای نیتروژن با استفاده از روش کج لیدال تعیین شد. برای تعیین غلظت فسفر و پتاسیم، نمونه های خشک شده علوفه شبدر ایرانی یک چین در کوره الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد به مدت چهار ساعت سوزانده شدند. پس از سرد شدن، خاکستر حاصله با هاون چینی به پودر یکنواخت تبدیل شد. سپس یک گرم خاکستر در بشر پیرکس ریخته شد و ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (HNO_3 ، ۶۵ درصد) و دو میلی لیتر اسید پرکلریک (HClO_4 ، ۷۰ درصد) به آن اضافه شد. مخلوط اسید و خاکستر به مدت یک ساعت روی هیتر الکتریکی تا دمای ۱۵۰

آماري SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. با توجه به نتایج آزمون بارتلت و اثبات همگنی خطاهای آزمایشی در دو سال (جدول ۴)، تجزیه واریانس مرکب داده ها برای بررسی اثر سال، لاین و برهمکنش آنها انجام شد. بدین منظور سال به عنوان اثر تصادفی و لاین به عنوان اثر ثابت در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel (نسخه ۲۰۲۲) انجام شد. تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی با استفاده از ماتریس همبستگی بین صفات توسط نرم افزار Minitab (نسخه ۲۱) انجام شد.

جدول ۴- نتایج آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی صفات در دو سال
Table 4. Results of Bartlett's test for assessment of the homogeneity of experimental error variances of the traits in two years

Trait	صفت	کای اسکور Chi-Square	Prob. > ChiSq
Dry forage yield	عملکرد علوفه خشک	3.564	0.059
Crude protein content	محتوای پروتئین خام	3.103	0.078
Protein yield	عملکرد پروتئین	0.233	0.629
Acid detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	3.450	0.063
Neutral detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده خنثی	3.146	0.076
Total digestible nutrient	کل مواد مغذی قابل هضم	3.681	0.055
Dry matter intake	ماده خشک مصرفی	2.068	0.151
Water-soluble carbohydrates	کربوهیدرات های محلول در آب	0.075	0.784
Ash content	محتوای خاکستر	1.304	0.254
Digestible dry matter	قابلیت هضم ماده خشک	3.818	0.051
Relative feed value	ارزش نسبی تغذیه ای	0.008	0.927
Net energy for lactation	انرژی خالص شیردهی	3.655	0.056
Nitrogen content	محتوای نیتروژن	3.127	0.077
Phosphorus content	محتوای فسفر	0.792	0.374
Potassium content	محتوای پتاسیم	0.243	0.622

نتایج و بحث

و انرژی خالص شیردهی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۵). این یافته ها بیانگر آن است که لاین های مختلف شبدر ایرانی یک چین در دو سال آزمایش، به دلیل برهمکنش ویژگی های ژنتیکی با شرایط محیطی، پاسخ های متفاوتی از خود نشان دادند در مقابل، محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی و ماده خشک مصرفی تنها تحت تأثیر اثر ساده سال و لاین قرار گرفتند (جدول ۵).

تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد برهمکنش سال $\times$ لاین بر عملکرد علوفه خشک، عملکرد پروتئین، محتوای کربوهیدرات های محلول در آب، محتوای فسفر، نیتروژن، پتاسیم و خاکستر در سطح احتمال یک درصد و بر محتوای پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، قابلیت هضم ماده خشک، کل مواد مغذی قابل هضم، ارزش نسبی تغذیه ای

جدول ۵- خلاصه تجزیه واریانس مرکب برای صفات کمی و کیفیت علوفه لاین‌های شبدر ایرانی تک چین

Table 5. Summary of combined analysis of variance for forage quantitative and quality traits in single-cut Persian clover lines

میانگین مربعات									
Mean Squares									
الیاف نامحلول در									
شوینده خنثی									
الباف نامحلول در									
شوینده اسیدی									
ماده خشک مصرفی									
کل مواد مغذی قابل هضم									
Total digestible									
nutrient									
Dry matter									
intake									
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد علوفه خشک	محتوی پروتئین خام	عملکرد پروتئین	Acid detergent	Neutral		
		d.f.	Dry forage yield	Crude protein	Protein yield	fiber	detergent		
Year (Y)	سال	1	3.26**	246**	0.153**	433.52**	456.95**	722.56**	1.830**
Block/Y	بلوک/سال	4	0.01	4.48	0.007	3.84	4.41	6.42	0.010
Line (L)	لاین	17	1.33	13.30*	0.096**	9.89**	5.75*	16.48**	0.020*
Y × L	سال × لاین	17	0.73**	4.41*	0.023**	2.60*	2.29	4.33*	0.009
Error	خطا	68	0.03	2.11	0.006	1.25	2.03	2.08	0.007
C.V. (%)	ضریب تغییرات		10.26	8.71	10.82	8.05	8.28	7.53	8.15

میانگین مربعات									
Mean Squares									
محتوای پتاسیم									
محتوای فسفر									
محتوای نیتروژن									
انرژی خالص شیردهی									
ارزش نسبی تغذیه‌ای									
محتوی خاکستر									
کربوهیدرات‌های محلول در آب									
قابلیت هضم ماده خشک									
Digestible dry									
matter									
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی		Water-soluble	Ash content	Relative feed	Net energy for	Nitrogen	Potassium
		d.f.		carbohydrates		value	lactation	content	content
Year (Y)	سال	1	263.00**	1.75*	2.51**	10032.00**	0.2990**	6.34**	0.0040*
Block/Y	بلوک/سال	4	2.33	0.16	0.10	68.15	0.0020	0.11	0.00020
Line (L)	لاین	17	5.99**	1.05	0.16	151.85**	0.0070**	0.24	0.00020
Y × L	سال × لاین	17	1.57*	0.85**	0.19**	42.52*	0.0010*	0.23**	0.00030**
Error	خطا	68	0.76	0.30	0.07	19.60	0.0008	0.05	0.00010
C.V. (%)	ضریب تغییرات		7.40	11.11	9.46	8.31	9.09	8.70	9.62

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

عملکرد علوفه خشک

میانگین عملکرد علوفه در سال دوم (۴/۶۰ تن در هکتار) به طور معنی داری بیشتر از سال اول (۴/۲۶ تن در هکتار) بود (جدول ۶). میانگین دوساله عملکرد علوفه خشک در لاین های شماره ۳ و ۱۶ به ترتیب ۵/۳۷ و ۵/۲۱ تن در هکتار بود که به عنوان لاین های برتر از نظر عملکرد علوفه شناسایی شدند (جدول ۶). بیشترین و کمترین عملکرد علوفه خشک (به ترتیب ۵/۹۳ و ۳/۳۱ تن در هکتار) به ترتیب در لاین های شماره ۳ (۵/۹۳ تن در هکتار) و ۵ (۳/۳۱ تن در هکتار) در سال دوم مشاهده شد (جدول ۷). لاین های ۱۶، ۲ و ۱۷ نیز با تولید به ترتیب ۵/۸۳، ۵/۶۲ و ۵/۴۰ تن علوفه خشک در هکتار در سال دوم جزو لاین های برتر قرار گرفتند.

بیشترین عملکرد علوفه خشک در سال اول (۴/۸۳ تن در هکتار) متعلق به لاین های شماره ۳ و ۸ بود، هر چند تفاوت معنی داری با عملکرد لاین های ۱۴، ۱۸ و ۱۶ (به ترتیب ۴/۷۶، ۴/۶۱ و ۴/۶۰ تن در هکتار) نداشتند. حداقل عملکرد علوفه در سال اول نیز متعلق به لاین های شماره ۵، ۲، ۹ و ۴ (به ترتیب ۳/۴۲، ۳/۵۸، ۳/۶۲ و ۳/۶۸ تن در هکتار) بود (جدول ۷). تفاوت عملکرد علوفه خشک بین لاین ها می تواند با سازگاری متفاوت آن ها با شرایط اقلیمی و مدیریت زراعی در سال های مختلف مرتبط باشد (Mikulić et al., 2023). به عنوان مثال، شرایط آب و هوایی مطلوب تر در سال دوم، به ویژه افزایش بارندگی

(جدول ۳)، احتمالاً باعث بهبود عملکرد علوفه خشک در لاین های شماره ۳ و ۱۶ شد (Ashoori et al., 2021). این بهبود عملکرد علوفه خشک می تواند با افزایش تعداد ساقه در واحد سطح و ارتفاع گیاه مرتبط باشد که تحت تأثیر مستقیم بارندگی قرار می گیرند. پژوهشگران دیگر نیز نشان داده اند که افزایش بارندگی می تواند تعداد ساقه ها و ارتفاع گیاه را افزایش دهد (Balazadeh et al., 2021; Jabbar et al., 2022; Çaçan et al., 2024)، که این امر به نوبه خود زیست توده و عملکرد علوفه خشک را بهبود می بخشد. زمانیان (Zamanian, 2016) وجود تنوع در عملکرد علوفه خشک لاین های مختلف شبدر ایرانی را گزارش کرده است که با نتایج پژوهش حاضر موافقت دارد.

عملکرد علوفه خشک در اکثر لاین ها در سال دوم افزایش یافت که بیشترین افزایش به ترتیب در لاین های شماره ۲، ۱۷، ۱۶ و ۳ مشاهده شد. تنها در مورد لاین های شماره ۸ و ۱۲ عملکرد علوفه خشک سال اول به طور معنی داری بیشتر از سال دوم بود (جدول ۷). میانگین دمای هوا در فصل رشد در سال اول و دوم به ترتیب ۱۰/۱ و ۱۱/۴ درجه سانتی گراد بود که همراه با بارندگی بیشتر در سال دوم (جدول ۳)، به نظر می رسد شرایط مساعدتری را برای رشد شبدر و تولید علوفه فراهم کرده است (Zamanian et al., 2024a).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر سال و لاین بر عملکرد علوفه خشک، محتوای پروتئین خام، عملکرد پروتئین، محتوای الیاف و قابلیت هضم علوفه شبدر ایرانی تک چین

Table 6. Mean comparison of the effect of year and line on dry forage yield, crude protein content, protein yield, fiber content, and forage digestibility of single-cut Persian clover

	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t ha ⁻¹)	محتوای پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	عملکرد پروتئین (تن در هکتار) Protein yield (t ha ⁻¹)	الیاف نامحلول در شونده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شونده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	کل مواد مغذی قابل هضم (درصد) Total digestible nutrient (%)	ماده خشک مصرفی (درصد) Dry matter intake (%)	قابلیت هضم ماده خشک (درصد) Digestible dry matter (%)
	Year				سال			
2022-23	4.26	18.21a	0.78a	32.39b	41.40b	59.53a	2.90a	63.66a
2023-24	4.60	15.19b	0.70b	36.40a	45.51a	54.35b	2.64b	60.54b
	Line				لاین			
No.1	4.25	17.01a-d	0.72b-f	34.85cde	43.33bcd	56.35cde	2.77abc	61.75cde
No.2	4.60	17.63ab	0.80bc	34.02def	42.53bcd	57.42bcd	2.30ab	62.39bcd
No.3	5.37	19.31a	1.02a	31.85g	41.71d	60.22a	2.88a	64.08a
No.4	3.90	17.65ab	0.69def	33.59ef	43.30bcd	57.97bc	2.78abc	62.72bc
No.5	3.36	12.29e	0.41g	36.58a	45.90a	54.12g	2.62d	60.40g
No.6	4.47	16.01bcd	0.72c-f	34.37c-f	43.83bc	56.97b-e	2.74bc	62.12b-e
No.7	4.36	16.12bcd	0.70c-f	34.97cde	43.52bcd	56.19cde	2.77abc	61.65cde
No.8	4.46	15.17d	0.68def	35.64abc	44.00b	55.33efg	2.73bcd	61.13efg
No.9	3.85	17.46abc	0.67ef	34.13c-f	43.04bcd	57.28b-e	2.79abc	62.31b-e
No.10	4.70	17.56abc	0.82b	35.11b-e	43.93bc	56.02c-f	2.73bc	61.55c-f
No.11	4.06	15.61cd	0.64f	36.44ab	44.47ab	54.30fg	2.70cd	60.51fg
No.12	4.26	17.44abc	0.75b-e	34.23c-f	43.75bc	57.15b-e	2.74bc	62.23b-e
No.13	4.29	16.29bcd	0.70c-f	33.84ef	42.62bcd	57.65bc	2.82ab	62.53bc
No.14	4.70	16.95a-d	0.80bc	35.43a-d	44.06b	55.60d-g	2.72bcd	61.29d-g
No.15	4.51	17.25abc	0.78bcd	34.46c-f	44.16b	56.85b-e	2.72bcd	62.04b-e
No.16	5.21	18.50a	0.95a	31.89g	42.01cd	60.17a	2.86a	64.05a
No.17	4.73	15.72bcd	0.74b-e	34.53c-f	42.61bcd	56.76b-e	2.82ab	61.99b-e
No.18	4.58	16.65a-d	0.76b-e	33.19fg	43.19bcd	58.49ab	2.79abc	63.04ab

میانگین هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey's test.

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش سال × لاین بر عملکرد علوفه خشک، محتوای و عملکرد پروتئین، محتوای الیاف و قابلیت هضم علوفه شبدر ایرانی تک چین

Table 7. Mean comparison of the year × line interaction effect on dry forage yield, protein content and yield, fiber content, and forage digestibility of single-cut Persian clover

لاین Line	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t ha ⁻¹)		محتوای پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)		عملکرد پروتئین (تن در هکتار) Protein yield (t ha ⁻¹)		الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)		کل مواد مغذی قابل هضم (درصد) Total digestible nutrient (%)		قابلیت هضم ماده خشک (درصد) Digestible dry matter (%)	
	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24
No.1	4.12h-k	4.38e-j	19.16b-f	14.86i-l	0.79d-i	0.65ijk	33.2gh	36.49bcd	58.48ef	54.24ijk	63.03de	60.47hij
No.2	3.58lm	5.62ab	19.06b-g	16.19h-k	0.68g-k	0.91bcd	31.11h-k	36.93a-d	61.17a-e	53.68i-l	64.66a-d	60.13h-k
No.3	4.82cd	5.93a	22.13a	16.49e-j	1.07a	0.98ab	30.67k	33.02g-j	61.74a	58.72c-e	65.00a	63.17b-e
No.4	3.67l	4.14g-k	19.24b-e	16.08h-k	0.71f-k	0.67g-k	31.34h-k	35.84def	60.88a-e	55.08ghi	64.48a-d	60.98fgh
No.5	3.41lm	3.30m	12.57lm	12.01m	0.43l	0.40l	34.35efg	38.80a	56.99fgh	51.26l	62.13efg	58.67k
No.6	4.55def	4.39e-j	18.62b-h	13.41klm	0.85b-f	0.59k	33.28gh	35.45def	58.37ef	55.58ghi	62.97de	61.28fgh
No.7	4.06jk	4.66cde	16.57e-j	15.67ijk	0.68g-k	0.73e-k	32.82fg	37.12a-d	58.97b-f	53.43i-l	63.32a-e	59.98h-k
No.8	4.82cd	4.10ijk	15.77ijk	14.57j-m	0.76e-j	0.60k	33.29gh	37.99abc	58.36ef	52.31jkl	62.96de	59.31ijk
No.9	3.62lm	4.07jk	19.57a-d	15.37ijk	0.71f-k	0.63jk	32.53g-k	35.72def	59.34a-f	55.23ghi	63.55a-e	61.07fgh
No.10	4.46d-i	4.94c	20.47abc	14.72jkl	0.91bcd	0.73e-k	32.94g-j	37.26a-d	58.81c-f	53.25i-l	63.23b-e	59.88h-k
No.11	4.12h-k	4.00k	16.30g-j	14.93i-l	0.67g-k	0.60k	33.97efg	38.89a	57.46fgh	51.14l	62.42efg	58.60k
No.12	4.48d-g	4.03jk	19.18b-f	15.72ijk	0.86b-e	0.63jk	32.95g-j	35.51def	58.8c-f	55.51ghi	63.22b-e	61.24ghj
No.13	4.23f-k	4.36e-j	17.36d-j	15.22i-l	0.73e-k	0.66h-k	31.63h-k	36.05cde	60.5a-e	54.81hij	64.25a-d	60.81ghi
No.14	4.76cd	4.63cde	19.16b-f	14.74jkl	0.91bcd	0.68g-k	33.86efg	36.99a-d	57.62fg	53.6i-l	62.51ef	60.08h-k
No.15	4.55def	4.47d-h	17.71c-i	16.8d-j	0.80c-h	0.75e-j	32.4g-k	36.53bcd	59.51a-f	54.19ijk	63.65a-e	60.45hij
No.16	4.60cde	5.83a	20.67ab	16.35f-j	0.95ab	0.94abc	30.72k	33.06ghi	61.68ab	58.67def	64.97a	63.14cde
No.17	4.06jk	5.40b	16.74d-j	14.71jkl	0.68g-k	0.79d-i	30.86jk	38.2ab	61.49abc	52.03kl	64.85ab	59.14jk
No.18	4.60cde	4.56def	17.65d-i	15.67ijk	0.81c-g	0.71f-k	31ijk	35.38def	61.33a-d	55.67ghi	64.75abc	61.34fgh

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey's test.

محتوا و عملکرد پروتئین خام

میانگین دوساله محتوای پروتئین خام و عملکرد پروتئین از ۱۲/۳ درصد و ۰/۴۱ تن در هکتار در لاین شماره ۵ تا ۱۹/۳ درصد و ۱/۰۲ تن در هکتار در لاین شماره ۳ متغیر بود (جدول ۶). پس از لاین شماره ۳، بیشترین میانگین دوساله محتوای پروتئین خام به ترتیب در لاین‌های ۱۶، ۴، ۲، ۱۰، ۹، ۱۲ و ۱۵ (به ترتیب ۱۸/۵، ۱۷/۷، ۱۷/۶، ۱۷/۶، ۱۷/۵، ۱۷/۴ و ۱۷/۳ درصد) بود. در مورد عملکرد پروتئین نیز پس از لاین شماره ۳، به ترتیب لاین‌های ۱۶، ۱۰، ۱۴ و ۲ بیشترین میانگین عملکرد پروتئین (به ترتیب ۰/۹۵، ۰/۸۲، ۰/۸۰ و ۰/۸۰ تن در هکتار) را داشتند (جدول ۶).

مقایسه میانگین برهمکنش سال $\times$ لاین نشان داد که بیشترین محتوای پروتئین خام و عملکرد پروتئین (به ترتیب ۲۲/۱ درصد و ۱/۰۷ تن در هکتار) در لاین شماره ۳ شبدر ایرانی یک چین در سال اول به دست آمد، در حالی که کمترین میزان این صفات (به ترتیب ۱۲/۰ درصد و ۰/۴۰ تن در هکتار) در لاین شماره ۵ شبدر ایرانی در سال دوم بود (جدول ۷). تفاوت‌های مشاهده شده در عملکرد و کیفیت علوفه لاین‌های مختلف شبدر ایرانی می‌تواند ناشی از رقابت درون گونه‌ای برای منابع و دسترسی بیشتر لاین‌های برتر به نور، آب و مواد مغذی باشد (Zamanian et al., 2024a). لاین‌هایی که به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی برای صفاتی مانند ارتفاع گیاه، سطح برگ یا سامانه ریشه عمیق‌تر، در جذب این منابع برتری

دارند، معمولاً از عملکرد علوفه بالاتری نیز برخوردارند.

تفاوت عملکرد علوفه خشک لاین‌های شبدر ایرانی یک چین می‌تواند به تفاوت لاین‌ها در تثبیت نیتروژن نیز نسبت داده شود (Ashoori et al., 2021). لاین‌هایی که توانایی بالاتری در تثبیت نیتروژن دارند، به دلیل دسترسی بیشتر به نیتروژن، می‌توانند محتوای پروتئین خام و عملکرد علوفه بیشتری داشته باشند، زیرا نیتروژن یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده پروتئین‌ها است. علاوه بر این، در لاین‌های مختلف شبدر، نحوه تسهیم مواد فتوسنتزی و نسبت برگ به ساقه متفاوت است و احتمالاً لاین‌هایی که مواد فتوسنتزی بیشتری را به برگ‌ها اختصاص می‌دهند و نسبت برگ به ساقه بیشتری دارند، از محتوای پروتئین بیشتری نیز برخوردارند (Zamanian et al., 2024b). این امر به این دلیل است که برگ‌ها نسبت به ساقه‌ها حاوی پروتئین بیشتری هستند و افزایش نسبت برگ به ساقه با محتوای پروتئین بالاتر و کاهش محتوای الیاف همراه است (Balazadeh et al., 2021).

بجز لاین شماره ۱۷، پنج لاین برتر از نظر عملکرد علوفه خشک شامل لاین‌های ۳، ۱۶، ۱۰، ۱۴ و ۲ با تولید به ترتیب ۱/۰۲، ۰/۹۵، ۰/۸۲، ۰/۸۰ و ۰/۸۰ تن پروتئین در هکتار، از نظر عملکرد پروتئین نیز جزو لاین‌های برتر بودند (جدول ۶). لاین شماره ۱۷ علی‌رغم عملکرد علوفه بالا (۴/۷۳ تن در هکتار)، به علت محتوای پروتئین پائین (۱۵/۷ درصد)، عملکرد پروتئین مطلوبی نداشت

(۰/۷۴ تن در هکتار). به نظر می‌رسد لاین‌های برتر شبدر ایرانی یک چین با بهره‌برداری بهینه از منابع محیطی و نرخ فتوسنتز بالاتر باعث افزایش رشد رویشی و توسعه برگ‌ها و بهبود محتوی پروتئین و عملکرد پروتئین شدند (Ashoori et al., 2021; Xolocotzi-Acoltzi et al., 2024).

میانگین محتوای پروتئین خام و عملکرد پروتئین در سال اول (به ترتیب ۱۸/۲ درصد و ۰/۷۸ تن در هکتار) به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم (به ترتیب ۱۵/۲ درصد و ۰/۷۰ تن در هکتار) بود (جدول ۶). محتوی پروتئین خام نیز در کلیه لاین‌ها در سال اول بیشتر از سال دوم بود (جدول ۷). این تفاوت می‌تواند با افزایش میانگین دمای هوا در طول دوره رشد در سال دوم (جدول ۳) و تأثیر دما بر نسبت برگ به ساقه و همچنین تأثیر آن بر سلولزی شدن دیواره سلولی و کیفیت علوفه مرتبط باشد (Balazadeh et al., 2021). نسبت برگ شبدر به ساقه معمولاً تحت تأثیر عوامل محیطی به ویژه دمای محیط قرار می‌گیرد، به نحوی که در دماهای پایین‌تر، بوته‌های شبدر منابع خود را بیشتر به توسعه برگ‌ها اختصاص می‌دهند (Bakhtiyari et al., 2020; Çaçan et al., 2024).

این خصوصیت احتمالاً با کاهش سرعت رشد ساقه‌ها در شرایط سردتر و نیاز گیاه به حفظ سطح فتوسنتز کننده (برگ‌ها) برای جذب انرژی مرتبط است (Balazadeh et al., 2021). در دماهای پایین رشد ساقه‌ها کندتر می‌شود، زیرا فرآیندهای متابولیک مرتبط با توسعه ساقه به

انرژی و دمای بالاتری نیاز دارند. درحالی‌که توسعه برگ‌ها به عنوان اندام‌های حیاتی برای فتوسنتز به‌ویژه در شرایطی که گیاه نیاز به ذخیره منابع برای بقا دارد، نسبت به توسعه ساقه‌ها در اولویت است (Jabbar et al., 2022). از آنجا که محتوی پروتئین برگ‌ها بیشتر از ساقه‌هاست، افزایش نسبت برگ به ساقه منجر به افزایش محتوای پروتئین علوفه شبدر می‌شود (Pourali et al., 2023).

الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و خنثی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد کمترین میزان ADF (۳۱/۹ درصد) در لاین‌های شماره ۳ و ۱۶ وجود داشت، درحالی‌که لاین‌های شماره ۱۸، ۴ و ۱۳ با محتوی ADF به ترتیب ۳۳/۲، ۳۳/۶ و ۳۳/۸ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۶). بیشترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی نیز با ۴۵/۹ درصد در لاین شماره ۵ مشاهده شد، هر چند تفاوت معنی‌داری با لاین شماره ۱۱ نداشت. کمترین میزان NDF با ۴۱/۷ درصد در لاین شماره ۳ و پس از آن در لاین‌های شماره ۱۶، ۲، ۱۷ و ۱۳ (به ترتیب ۴۲/۰، ۴۲/۵، ۴۲/۶ و ۴۲/۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۶). مقایسه میانگین برهمکنش سال × لاین نشان داد که بیشترین میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۳۸/۹ درصد) مربوط به لاین شماره ۱۱ در سال دوم بود، هر چند تفاوت معنی‌داری با لاین‌های شماره ۲، ۵، ۷، ۸، ۱۰، ۱۴ و ۱۷ در همان سال نداشت. در حالی‌که، کمترین میزان NDF با ۳۰/۷ درصد در لاین

شماره ۳ در سال اول ثبت شد. علاوه بر لاین شماره ۳، لاین‌های ۲، ۴، ۱۳، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ نیز در سال اول محتوی ADF پائینی داشتند (جدول ۷).

محتوای ADF و NDF از مهمترین شاخص‌های کیفیت علوفه هستند که برای ارزیابی ارزش غذایی آن استفاده می‌شوند (Balazadeh et al., 2021). کاهش محتوای ADF و NDF باعث افزایش کیفیت و قابلیت هضم علوفه می‌شود (Leto et al., 2004). برعکس، افزایش ADF و NDF منجر به کاهش سطح انرژی قابل هضم و ماده خشک مصرفی دام می‌شود (Heydarzadeh et al., 2023). بین ژنوتیپ‌های مختلف شبدر ایرانی، لاین‌های شماره ۳ و ۱۶ در هر دو سال آزمایش کمترین محتوی ADF را داشتند. همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین محتوی NDF در لاین‌های شماره ۳ و ۱۶ ثبت شد. علاوه بر این دو لاین، لاین‌های شماره ۲، ۹، ۱۳ و ۱۸ نیز مقادیر ADF و NDF پائینی داشتند و از کیفیت علوفه مناسبی برخوردار بودند (جدول ۶).

میانگین محتوای ADF و NDF لاین‌ها در سال اول به ترتیب ۳۲/۴ درصد و ۴۱/۴ درصد و در سال دوم به ترتیب ۳۶/۴ درصد و ۴۵/۵ درصد بود (جدول ۶). افزایش محتوای ADF و NDF لاین‌های شبدر ایرانی یک چین در سال دوم احتمالاً با کاهش نسبت برگ به ساقه آن‌ها مرتبط باشد (Pourali et al., 2023). از آنجا که در دماهای پایین‌تر، بوته‌های شبدر

تولیدات فتوسنتزی خود را بیشتر به رشد و توسعه برگ‌ها اختصاص می‌دهند، احتمالاً کمتر بودن میانگین دمای هوا در سال اول (جدول ۳) باعث افزایش نسبت برگ به ساقه شده است (Bakhtiyari et al., 2020; Çağan et al., 2024). با توجه به اینکه برگ‌ها به طور کلی حاوی فیبر کمتری نسبت به ساقه‌ها هستند، هر عاملی که منجر به افزایش نسبت برگ به ساقه شود، محتوای ADF و NDF را کاهش می‌دهد (Kucukduvan and Ates, 2021; Heydarzadeh et al., 2022).

قابلیت هضم علوفه و ماده خشک مصرفی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان ماده خشک مصرفی با ۲/۸۸ درصد مربوط به لاین شماره ۳ بود که تفاوت معنی‌داری با لاین شماره ۱۶ نشان نداد. کمترین میزان ماده خشک مصرفی با ۲/۶۲ درصد در لاین شماره ۵ ثبت شد (جدول ۶). پس از لاین‌های ۳ و ۱۶ که بیشترین قابلیت هضم علوفه و ماده خشک مصرفی را داشتند، لاین‌های ۲، ۱۳ و ۱۸ نیز از کیفیت علوفه مطلوبی برخوردار بودند (جدول ۶).

مقایسه میانگین‌های برهمکنش سال × لاین نشان داد که بیشترین میزان مواد مغذی قابل هضم و قابلیت هضم ماده خشک (به ترتیب ۶۱/۷ و ۶۵ درصد) در لاین شماره ۳ در سال اول ثبت شد، در حالی که کمترین میزان این صفات (به ترتیب ۵۱/۱ و ۵۸/۶ درصد) در لاین شماره ۱۱ در سال دوم بود (جدول ۷). از آنجا که قابلیت

هضم علوفه و ماده خشک مصرفی با محتوی ADF و NDF رابطه معکوس دارند (Nölke et al., 2021)، می‌توان نتیجه گرفت که پائین بودن محتوی ADF و NDF در لاین‌های ۳ و ۱۶ (جدول ۶) به افزایش کیفیت علوفه آن‌ها منجر شده است (Leto et al., 2004; Balazadeh et al., 2021).

تفاوت توانایی لاین‌های شبدر در جذب عناصر غذایی از خاک نیز می‌تواند بر قابلیت هضم علوفه و راندمان تبدیل عناصر غذایی توسط دام اثرگذار باشد (Radinović et al., 2022). قابلیت هضم علوفه نقش مهمی در راندمان تبدیل مواد مغذی و رشد و عملکرد دام ایفا می‌کند و به عنوان یک عامل مهم در افزایش وزن دام و تولید شیر در نظر گرفته می‌شود، زیرا به طور مستقیم با توانایی جذب انرژی و عناصر غذایی ارتباط دارد (Mikulić et al., 2023; Pourali et al., 2023). ماده خشک مصرفی که بر حسب درصدی از وزن بدن دام محاسبه می‌شود، یکی از مهمترین پارامترها در تغذیه دام است و به مقدار ماده خشکی اطلاق می‌شود که دام به صورت روزانه می‌تواند مصرف کند (Mirahki et al., 2023). افزایش قابلیت هضم ماده خشک و محتوای ماده خشک مصرفی باعث ارتقای خوش‌خوراکی علوفه برای دام می‌شود (Nay et al., 2023).

میانگین کل مواد مغذی قابل هضم، قابلیت هضم ماده خشک و ماده خشک مصرفی لاین‌ها در سال اول (به‌ترتیب ۵۹/۵، ۶۳/۷ و ۲/۹۰

درصد) به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم (به‌ترتیب ۵۴/۴، ۶۰/۵ و ۲/۶۴ درصد) بود (جدول ۶). بیشتر بودن کیفیت علوفه لاین‌ها در سال اول، با غلظت پائین‌تر ADF و NDF علوفه لاین‌های مورد بررسی در این سال (جدول ۶) مرتبط است (Pourali et al., 2023). به نظر می‌رسد نسبت برگ به ساقه بالاتر در سال اول منجر به افزایش قابلیت هضم علوفه و ماده خشک مصرفی لاین‌ها شده است. برگ‌ها در قیاس با ساقه‌ها قابلیت هضم و مصرف بیشتری توسط دام دارند، بنابراین افزایش نسبت برگ به ساقه، باعث افزایش قابلیت هضم علوفه و ماده خشک مصرفی می‌شود (Mirahki et al., 2023; Pourali et al., 2023).

محتوای کربوهیدرات‌های محلول و خاکستر

میانگین محتوای کربوهیدرات‌های محلول در لاین‌ها در سال دوم (۵/۰۶ درصد) به طور معنی‌داری بیشتر از سال اول (۴/۸۰ درصد) بود (جدول ۸). میانگین دمای هوا در دوره رشد شبدر ایرانی یک چین در سال اول و دوم به‌ترتیب ۱۰/۱ و ۱۱/۴ درجه سانتی‌گراد بود که همراه با بارندگی بیشتر در سال دوم (جدول ۳)، به نظر می‌رسد موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی و بهبود دسترسی به آب و عناصر غذایی شد و شرایط مساعدتری را برای تولید قندهای محلول در سال دوم فراهم کرد (Balazadeh et al., 2021; Zamanian et al., 2024a). علاوه بر این، از آنجا که غلظت کربوهیدرات‌های محلول در ساقه شبدر بیشتر از برگ آن است

(Bowley et al., 1984)، ممکن است که افزایش نسبت برگ به ساقه در سال اول به دلیل دمای پائین تر هوا (Bakhtiyari et al., 2020; Çaçan et al., 2024)، باعث کاهش غلظت کربوهیدرات‌های محلول در سال اول شده باشد.

بیشترین میانگین محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب به ترتیب در لاین‌های شماره ۱۱، ۱۳، ۶، ۱۰، ۲، ۳ و ۱۵ (به ترتیب ۵/۷، ۵/۷، ۵/۴، ۵/۳، ۵/۳، ۵/۲ و ۵/۲ درصد) بود، در حالی که لاین‌های شماره ۱۸، ۱۷ و ۱۲ کمترین غلظت این کربوهیدرات‌ها را نشان دادند (جدول ۸). مقایسه میانگین برهمکنش سال $\times$ لاین نیز نشان داد که بیشترین غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب (۶ درصد) در لاین شماره ۱۳ در سال دوم ثبت شد، در حالی که کمترین میزان آن (۳/۹ درصد) در لاین شماره ۱ در سال اول بود (جدول ۹). میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب یکی دیگر از شاخص‌های مهم کیفیت علوفه است که نقش مهمی در انعطاف‌پذیری گیاه در برابر دماهای پایین تر و چرایفا می‌کند (Heydarzadeh et al., 2022). کربوهیدرات‌های محلول بخش قابل توجهی از کربوهیدرات‌های غیرساختاری را تشکیل می‌دهند که انرژی را برای میکروارگانیسم‌های شکمبه تامین می‌کنند و به سلامت گوارش در حیوانات کمک می‌کنند (Rady et al., 2022).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین محتوای خاکستر به ترتیب در لاین‌های شماره ۱۶، ۳، ۱۷، ۲، ۱۸ و ۱۲ (به ترتیب ۶/۷، ۶/۶، ۶/۵، ۶/۵، ۶/۴ و ۶/۴ درصد) بود، در حالی که لاین‌های شماره ۷، ۱۱ و ۶ کمترین محتوای خاکستر را داشتند (جدول ۸). میانگین محتوای خاکستر لاین‌ها در سال اول (۶/۵ درصد) به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم (۶/۲ درصد) بود (جدول ۸). مقایسه میانگین برهمکنش سال $\times$ لاین نشان داد که حداکثر و حداقل محتوای خاکستر (به ترتیب ۷/۰ و ۵/۷ درصد) به ترتیب مربوط لاین‌های شماره ۱۶ و ۱۵ در سال اول بود (جدول ۹).

محتوای خاکستر علوفه به عنوان شاخصی از ترکیب مواد معدنی در بافت‌های گیاهی عمل می‌کند. سطوح بالاتر محتوای خاکستر در علوفه به تأمین مواد معدنی برای دام کمک می‌کند (Xolocotzi-Acoltzi et al., 2024). محتوای خاکستر در گیاهان تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله نوع خاک، گونه گیاهی، مرحله رشد، شرایط اقلیمی و فصل رشد قرار می‌گیرد (Tucak et al., 2023). به نظر می‌رسد لاین‌های شبدر ایرانی یک چین برتر در پژوهش حاضر، توانایی جذب عناصر غذایی بیشتری از خاک را داشتند (Mirahki et al., 2023). خاکستر شامل عناصر پرمصرف و کم‌مصرف است که برای فرآیندهای متابولیک و سلامت دام بسیار مهم هستند (Tucak et al., 2021).

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر سال و لاین بر محتوای کربوهیدرات‌ها، خاکستر، ارزش تغذیه‌ای، انرژی خالص شیردهی و محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم علوفه شبدر ایرانی تک چین

Table 8. Mean comparison of the effect of year and line on soluble carbohydrate content, ash content, relative feed value, net energy for lactation, and forage nitrogen, phosphorus, and potassium contents of single-cut Persian clover

	کربوهیدرات‌های محلول در آب (درصد) Water-soluble carbohydrate content (%)	محتوای خاکستر (درصد) Ash content (%)	ارزش نسبی تغذیه‌ای (درصد) Relative feed value (%)	انرژی خالص شیردهی (درصد) Net energy for lactation (%)	محتوای نیتروژن (درصد) Nitrogen conten (%)	محتوای فسفر (درصد) Phosphorus content (%)	محتوای پتاسیم (درصد) Potassium content (%)
	Year		سال				
2022-23	4.80b	6.49a	143.25a	1.45a	2.92a	0.264a	1.33
2023-24	5.06a	6.19b	123.97b	1.34b	2.43b	0.251b	1.32
	Line		لاین				
No.1	4.77	6.38	132.75b-e	1.38cde	2.49	0.260	1.28
No.2	5.26	6.49	137.34b	1.41bcd	2.82	0.261	1.41
No.3	5.22	6.61	143.36a	1.45a	2.49	0.261	1.40
No.4	4.66	6.35	135.50bcd	1.42bc	2.20	0.265	1.32
No.5	4.68	6.29	123.04f	1.33f	2.79	0.260	1.31
No.6	5.37	6.19	132.05b-e	1.39b-e	2.33	0.250	1.31
No.7	4.71	5.73	132.52b-e	1.38cde	2.90	0.258	1.31
No.8	4.61	6.36	129.57de	1.36ef	2.74	0.258	1.29
No.9	4.88	6.32	134.92bcd	1.40b-e	2.53	0.256	1.30
No.10	5.32	6.30	130.75cde	1.37de	2.95	0.261	1.37
No.11	5.70	6.12	126.85ef	1.34f	2.19	0.248	1.39
No.12	4.51	6.38	132.62b-e	1.40b-e	2.79	0.260	1.28
No.13	5.69	6.35	137.01b	1.41bcd	2.60	0.260	1.42
No.14	4.95	6.25	129.54de	1.37def	2.71	0.255	1.33
No.15	5.15	6.36	131.48b-e	1.39b-e	2.76	0.238	1.31
No.16	4.64	6.72	142.48a	1.45a	2.84	0.258	1.30
No.17	4.45	6.50	136.34bc	1.39b-e	2.65	0.265	1.20
No.18	4.27	6.43	136.78b	1.42b	2.66	0.261	1.24

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey's test.

جدول ۹- مقایسه میانگین برهمکنش سال × لاین بر محتوی کربوهیدرات‌های محلول، خاکستر، ارزش نسبی تغذیه‌ای، انرژی خالص شیردهی و محتوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم علوفه شبدر ایرانی تک چین

Table 9. Mean comparison of the year × line interaction effect on soluble carbohydrate, ash, relative feed value, net energy for lactation, and forage nitrogen, phosphorus, and potassium contents of single-cut Persian clover

لاین Line	کربوهیدرات‌های محلول در آب (درصد) Water-soluble carbohydrate (%)		محتوای خاکستر (درصد) Ash (%)		ارزش نسبی تغذیه‌ای (درصد) Relative feed value (%)		انرژی خالص شیردهی (درصد) Net energy for lactation (%)		محتوای نیتروژن (درصد) Nitrogen content (%)		محتوای فسفر (درصد) Phosphorus content (%)		محتوای پتاسیم (درصد) Potassium content (%)	
	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24	2022-23	2023-24
No.1	3.93d	5.60a-d	6.58a-e	6.2c-h	138.91e-h	126.59k-o	1.43b-f	1.34hij	3.06b-e	2.38h-l	0.267a-e	0.252b-g	1.33a-g	1.36a-e
No.2	5.14a-d	5.39a-d	6.52a-f	6.47a-f	149.87abc	124.81mno	1.48abc	1.33i-l	3.05b-f	2.59g-k	0.265a-e	0.252b-g	1.39a-e	1.33a-g
No.3	5.41a-d	5.03a-d	6.72abc	6.52a-f	152.34a	134.39g-k	1.49a	1.43b-f	3.54a	2.61f-j	0.283a	0.265a-e	1.46a	1.43ab
No.4	4.79a-d	4.52a-d	6.52a-f	6.19c-i	148.62a-d	122.38no	1.48a-d	1.36ghi	3.07b-e	2.57g-k	0.265a-e	0.251c-h	1.34a-g	1.3b-g
No.5	4.83a-d	4.53a-d	6.29b-h	6.3b-h	133.38h-k	112.71p	1.40fg	1.27l	2.01lm	1.92m	0.229h	0.236gh	1.20g	1.21g
No.6	5.56a-d	5.18a-d	6.39b-f	5.99f-i	138.50fgh	125.60l-o	1.43b-f	1.37ghi	2.60f-j	2.14klm	0.259a-f	0.243e-h	1.36a-g	1.27d-g
No.7	4.40a-d	5.01a-d	5.81hi	5.65i	140.86d-h	124.20no	1.44a-f	1.33i-l	2.97b-g	2.5h-k	0.258a-f	0.259a-f	1.25efg	1.36a-e
No.8	4.84a-d	4.39a-d	6.35b-h	6.37b-g	138.46fgh	120.69no	1.43c-f	1.30ijk	2.52h-k	2.35jkl	0.256b-g	0.239fgh	1.21fg	1.25efg
No.9	3.96d	5.79abc	6.55a-f	6.10d-i	142.30c-g	127.55i-n	1.45a-f	1.36ghi	3.13bcd	2.45h-l	0.266a-e	0.248d-h	1.21fg	1.39a-e
No.10	5.67a-d	4.97a-d	6.4b-g	6.2c-h	140.20e-h	121.30no	1.44a-f	1.32i-l	3.27abc	2.35jkl	0.26a-f	0.263a-f	1.38a-e	1.36a-e
No.11	5.59a-d	5.82ab	6.37b-g	5.88ghi	135.04f-j	118.66op	1.41efg	1.28kl	2.65e-j	2.37h-l	0.258a-f	0.256b-g	1.4a-e	1.38a-e
No.12	4.00cd	5.03a-d	6.46a-f	6.3b-h	140.19e-h	125.06mno	1.44b-f	1.37ghi	3.06b-e	2.51h-k	0.263a-f	0.256b-g	1.36a-e	1.35a-g
No.13	5.36a-d	6.02a	6.50a-f	6.21c-h	147.03a-d	127.00j-o	1.47a-e	1.35hij	2.77d-j	2.43h-l	0.264a-f	0.252b-g	1.3b-g	1.3b-g
No.14	5.24a-d	4.66a-d	6.36b-h	6.16c-i	135.61f-i	123.48no	1.41efg	1.33ijk	3.06b-e	2.35jkl	0.259a-f	0.25c-h	1.39a-e	1.27d-g
No.15	5.29a-d	5.02a-d	6.66a-d	6.07e-i	143.01b-f	119.97nop	1.45a-f	1.34hij	2.83c-h	2.63e-j	0.271a-d	0.247d-h	1.3b-g	1.32a-g
No.16	4.16bcd	5.12a-d	6.97a	6.47a-f	152.17a	132.81h-m	1.49ab	1.43b-f	3.30ab	2.68d-j	0.273abc	0.263a-f	1.43abc	1.41a-d
No.17	4.20bcd	4.70a-d	6.86ab	6.16c-i	151.38a	121.29no	1.49ab	1.30ijk	2.67d-j	2.33j-m	0.279ab	0.25c-h	1.29b-g	1.28b-g
No.18	4.18bcd	4.36a-d	6.8ab	6.06e-i	150.58ab	122.98no	1.48abc	1.37ghi	2.82d-j	2.5h-k	0.276ab	0.246d-h	1.28b-g	1.25efg

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey's test.

انرژی خالص شیردهی و ارزش نسبی تغذیه‌ای

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که انرژی خالص شیردهی و ارزش نسبی تغذیه‌ای در سال اول (به ترتیب ۱/۴۵ مگا کالری در کیلوگرم و ۱۴۳/۲ درصد) به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم (به ترتیب ۱/۳۴ مگا کالری در کیلوگرم و ۱۲۴/۰ درصد) بود (جدول ۸)، که با توجه به بیشتر بودن قابلیت هضم ماده خشک و ماده خشک مصرفی و کمتر بودن الیاف نامحلول (جدول ۶) در سال اول قابل توجیه است (Pourali et al., 2023). بیشترین میانگین دوساله انرژی خالص شیردهی به ترتیب در لاین‌های شماره ۳، ۱۶، ۱۸، ۴، ۲ و ۱۳ (به ترتیب ۱/۴۵، ۱/۴۵، ۱/۴۲، ۱/۴۲، ۱/۴۱ و ۱/۴۱ مگا کالری در کیلوگرم) و بیشترین ارزش نسبی تغذیه‌ای به ترتیب در لاین‌های شماره ۳، ۱۶، ۲، ۱۳، ۱۸ و ۱۷ (به ترتیب ۱۴۳/۴، ۱۴۲/۵، ۱۳۷/۳، ۱۳۷/۰، ۱۳۶/۸ و ۱۳۶/۳ درصد) بود (جدول ۸).

بنابراین لاین‌های شماره ۳، ۱۶، ۱۸، ۲ و ۱۳ هم از نظر انرژی خالص شیردهی و هم از نظر ارزش نسبی تغذیه‌ای جزو ژنوتیپ‌های برتر بودند. برتری لاین‌های مذکور از نظر انرژی خالص شیردهی و ارزش نسبی تغذیه‌ای با محتوی الیاف نامحلول در این لاین‌ها مرتبط است (Ashoori et al., 2021). مقایسه میانگین برهمکنش سال $\times$ لاین نشان داد که بیشترین انرژی خالص شیردهی (۱/۵۰ مگا کالری در کیلوگرم) و ارزش نسبی تغذیه‌ای (۱۵۲/۳ درصد) در لاین شماره ۳ طی سال اول بود، در

حالی که کمترین میزان این ویژگی‌ها (به ترتیب ۱/۲۷ مگا کالری در کیلوگرم و ۱۱۲/۷ درصد) در لاین شماره ۵ در سال دوم ثبت شد (جدول ۹).

انرژی خالص شیردهی یک شاخص ارزشمند است که مقدار انرژی موجود در علوفه برای نگهداری دام و تولید شیر را بیان می‌کند (Fotuhi Chiyaneh et al., 2023). با توجه به همبستگی منفی انرژی خالص شیردهی با غلظت الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (Sowa-Borowiec et al., 2022; Taab et al., 2023) و غلظت پائین ADF در لاین‌های شماره ۳ و ۱۶، مقادیر بالای انرژی خالص شیردهی در این لاین‌ها قابل توجیه است. ارزش نسبی تغذیه‌ای نیز بر اساس قابلیت هضم ماده خشک و میزان ماده خشک مصرفی محاسبه می‌شود و یک پارامتر مهم در مقایسه کیفیت علوفه گونه‌های مختلف با علوفه یونجه در مرحله گلدی است (Heydarzadeh et al., 2023). با توجه به همبستگی مثبت ارزش نسبی تغذیه‌ای با قابلیت هضم ماده خشک و ماده خشک مصرفی (Mirahki et al., 2023)، برتری لاین‌های شماره ۳ و ۱۶ از نظر ارزش نسبی تغذیه‌ای نیز قابل توجیه است.

محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم علوفه

بیشترین محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم علوفه (به ترتیب ۳/۵، ۰/۲۸ و ۱/۵ درصد) در لاین شماره ۳ در سال اول بود، در حالی که کمترین میزان این عناصر (به ترتیب ۱/۹، ۰/۲۳ و ۰/۲۳)

و ۱/۲ درصد) در لاین شماره ۵ ثبت شد (جدول ۹). به نظر می‌رسد لاین‌های شماره ۳ و ۱۶ به دلیل قدرت جذب بیشتر عناصر غذایی از خاک، محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتر و رشد بهتری داشتند (Pourali et al., 2023). گسترش بیشتر ریشه‌های گیاه، جذب عناصر غذایی را افزایش داده و منجر به افزایش محتوای عناصر غذایی در گیاه می‌شود (Enkhat et al., 2023). میانگین محتوای نیتروژن و فسفر در سال اول (به ترتیب ۲/۹ و ۰/۲۶ درصد) و در سال دوم (به ترتیب ۲/۴ و ۰/۲۵ درصد) بود، در حالی که در مورد محتوای پتاسیم تفاوت معنی‌داری بین میانگین دو سال مشاهده نشد (جدول ۸). به نظر می‌رسد لاین‌های شبدر ایرانی یک چین مورد بررسی در پژوهش حاضر، در سال اول قدرت جذب عناصر غذایی بیشتری را داشتند (Zamanian, 2016).

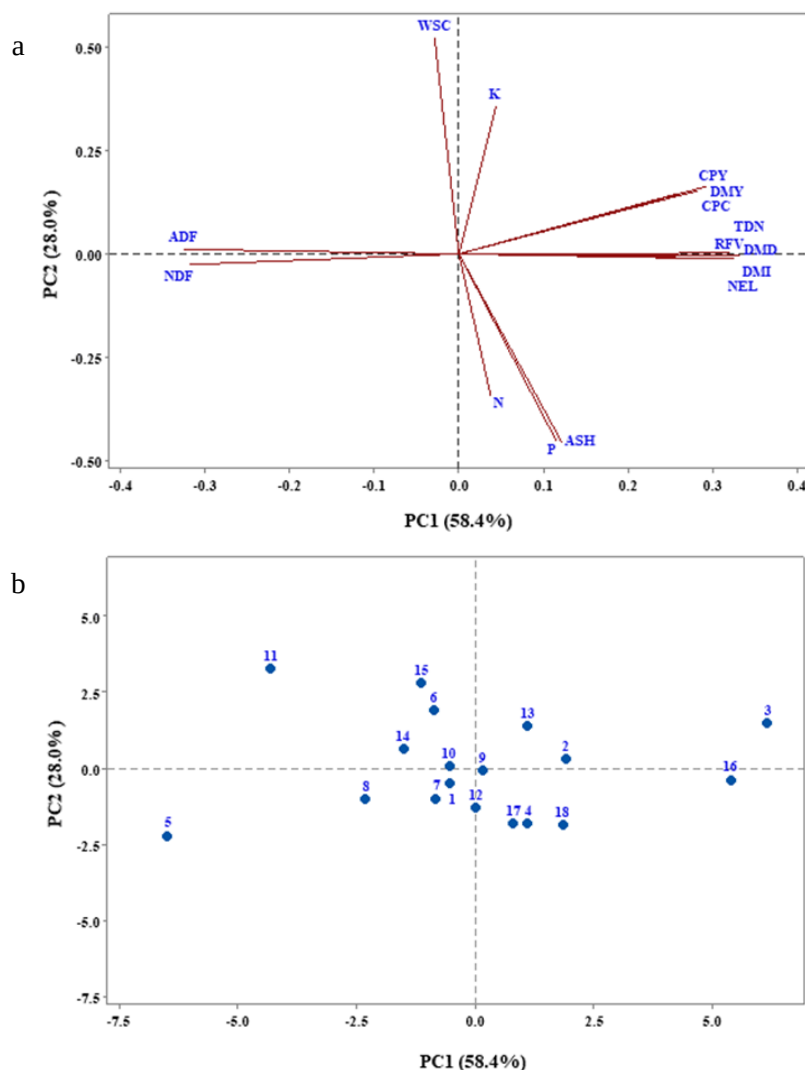
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۵۸/۴ و ۲۸/۰ درصد و در مجموع ۸۶/۴ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کنند (شکل ۱). مؤلفه اصلی اول با صفات مواد مغذی قابل هضم، قابلیت هضم ماده خشک، انرژی خالص شیردهی، ماده خشک مصرفی، ارزش نسبی تغذیه‌ای، محتوای پروتئین خام، عملکرد علوفه خشک و عملکرد پروتئین همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت در حالی که با لیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و خنثی همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد (شکل ۱ا).

بنابراین مؤلفه اصلی اول شامل کیفیت و عملکرد علوفه است و نشان‌دهنده همبستگی مثبت بین شاخص‌های کیفیت و عملکرد علوفه و رابطه معکوس آن‌ها با محتوای لیاف نامحلول بود. این یافته تأیید می‌کند که کاهش محتوای فیبر با افزایش کیفیت علوفه همراه است، که با نتایج مطالعات پیشین (Balazadeh et al., 2021; Mirahki et al., 2023) موافقت دارد. این رابطه معکوس نشان‌دهنده اهمیت مدیریت میزان فیبر علوفه در بهبود ارزش غذایی شبدر ایرانی است (Pourali et al., 2023).

مؤلفه اصلی دوم نیز با صفات محتوای پتاسیم و کربوهیدرات‌های محلول همبستگی مثبت و با صفات محتوای نیتروژن، فسفر و خاکستر همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (شکل ۱ب)؛ بنابراین مؤلفه اصلی دوم تفاوت‌ها در ترکیبات معدنی و کربوهیدرات‌های محلول را منعکس می‌کند و می‌تواند به تفاوت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی در جذب و ذخیره‌سازی مواد معدنی و قندها یا سازگاری محیطی لاین‌ها مرتبط باشد (Balazadeh et al., 2021). با توجه به نتایج PCA، لاین‌های شماره ۳ و ۱۶ که بیشترین مقادیر PC1 را داشتند، به‌طور همزمان کیفیت و عملکرد بالایی را نشان دادند (شکل ۱ب). این همبستگی می‌تواند نتیجه انتخاب ژنتیکی برای بهبود توأمان این صفات باشد و امری مطلوب برای تولید علوفه با ارزش اقتصادی بالا محسوب می‌شود (Zamanian et al., 2024a). پس از لاین‌های شماره ۳ و ۱۶ که

بهترین ژنوتیپ‌های آزمایش از نظر کمیت و کیفیت علوفه بودند، لاین‌های شماره ۱۸، ۲، ۱۳، ۴ و ۱۷ نیز از عملکرد و کیفیت علوفه قابل قبولی برخوردار بودند (شکل ۱b). در مقابل لاین شماره ۵ کمترین کمیت و کیفیت علوفه را داشت.



شکل ۱- نمودار بای پلات (a) و مشاهدات (b) حاصل از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر اساس ماتریس همبستگی بین صفات تحت تأثیر لاین‌های شبدر ایرانی یک چین

Fig. 1. Biplot (a) and observation plots (b) based on the correlation matrix between traits affected by the single-cut Persian clover lines

به طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین لاین‌های شبدر ایرانی یک چین مورد بررسی تفاوت‌های معنی داری از نظر عملکرد و کیفیت علوفه وجود داشت. تنوع مشاهده شده در

در مجموع، لاین های شماره ۳ و ۱۶ از عملکرد و کیفیت علوفه مناسبی برخوردار بودند و به عنوان لاین های برتر در شرایط اقلیمی کرج شناسایی شدند.

سپاسگزاری

نگارندگان بدین وسیله از پشتیبانی های مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی برای اجرای این پروژه تحقیقاتی با کد مصوب ۰۱۰۴۱۳-۰۳۹-۰۳-۰۳-۰۱ سپاسگزاری می کنند.

عدم تعارض منافع

نگارندگان اعلام می دارند که هیچگونه تعارض منافی باهم و سایر اشخاص حقوقی/حقیقی ندارند.

صفات کمی و کیفیت لاین های شبدر ایرانی، پتانسیل ژنتیکی بالای این گونه را برای بهبود کیفیت و عملکرد علوفه آن نشان می دهد. لاین های شماره ۳ و ۱۶ شبدر ایرانی یک چین به دلیل عملکرد بالای علوفه خشک و پروتئین، همراه با ارزش تغذیه ای مطلوب، به عنوان لاین های برتر شناسایی شدند. لاین های شماره ۱۸، ۲ و ۱۳ نیز از عملکرد و کیفیت علوفه قابل قبولی برخوردار بودند. این لاین ها با کاهش محتوی الیاف نامحلول و افزایش جذب عناصر غذایی، برای تولید علوفه با ارزش غذایی بالا جهت تغذیه دام مناسب می باشند. تحلیل مؤلفه های اصلی نیز تأیید کرد که عملکرد و کیفیت علوفه در این لاین ها همبستگی مثبتی دارند و می توانند در برنامه های به نژادی شبدر برای تولید ارقام جدید شبدر ایرانی یک چین مورد استفاده قرار گیرند.

References

- Ashoori, N., Abdi, M., Golzardi, F., Ajalli, J. and Ilkaee, M. N. 2021. Forage potential of sorghum-clover intercropping systems in semi-arid conditions. *Bragantia*, 80, p.e1421. DOI: 10.1590/1678-4499.20200423
- Bakhtiyari, F., Zamanian, M. and Golzardi, F. 2020. Effect of mixed intercropping of clover on forage yield and quality. *South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 11(1), pp.49-65.
- Balazadeh, M., Zamanian, M., Golzardi, F. and Torkashvand, A. M. 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), pp.1927-1942. DOI: 10.1080/00103624.2021.1900228

- Bowley, S. R., Taylor, N. L. and Dougherty, C. T. 1984.** Physiology and morphology of red clover. *Advances in Agronomy*, 37, pp.317-347. DOI: 10.1016/S0065-2113(08)60457-5
- Çaçan, E., Özdemir, S., Kökten, K., Uçar, R., Mokhtarzadeh, S., Ekmekçi, M. and Kutlu, M.A. 2024.** Change of forage yield and quality characteristics of white clover (*Trifolium repens* L.) at different harvest time. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(5), pp.1099-1111. DOI: 10.33462/jotaf.1349101
- Enkhbat, G., Inukai, Y., Nichols, P. G., Pang, J., Erskine, W., Foster, K. J. and Ryan, M. H. 2023.** Response to water-deficit following waterlogging varies among ecotypes of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* ssp. yanninicum), a waterlogging-tolerant annual pasture legume. *Annals of Applied Biology*, 183(3), pp.287-301. DOI: 10.1111/aab.12856
- Fotohi Chiyaneh, S., Rezaei-Chiyaneh, E., Amirnia, R., Keshavarz Afshar, R. and Siddique, K. H. 2023.** Intercropping medicinal plants is a new idea for forage production: A case study with ajowan and fenugreek. *Food and Energy Security*, p.e501. DOI: 10.1002/fes3.501
- Gaudin, A. C., Westra, S., Loucks, C. E., Janovicek, K., Martin, R. C. and Deen, W. 2013.** Improving resilience of northern field crop systems using inter-seeded red clover: a review. *Agronomy*, 3(1), pp.148-180. DOI: 10.3390/agronomy3010148
- Haerinasab, M. and Eslami-Farouji, A. 2022.** Contribution to the knowledge of the genetic diversity and taxonomy of some Iranian *Trifolium* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 69(2), pp.699-717. DOI: 10.1007/s10722-021-01254-w
- Heydarzadeh, S., Jalilian, J., Pirzad, A., Jamei, R. and Petrusa, E. 2022.** Fodder value and physiological aspects of rainfed smooth vetch affected by biofertilizers and supplementary irrigation in an agri-silviculture system. *Agroforest Sysms*, 96(1), pp.221-232. DOI: 10.1007/s10457-021-00695-7
- Heydarzadeh, S., Jalilian, J., Pirzad, A. and Jamei, R. 2023.** Impact of bio-fertilizers under supplementary irrigation and rainfed conditions on some physiological responses and forage quality of smooth vetch (*Vicia dasycarpa*). *Journal of Agricultural Science*, 29(3), pp.777-787. DOI: 10.15832/ankutbd.1130289
- Jabbar, A., Iqbal, A., Iqbal, M. A., Sheikh, U. A. A., Rahim, J., Khalid, S., Hafez, R. M., Shah, A. U. H., Khan, A. A., Bazmi, M. S. A. and Hussain, A. 2022.** Egyptian clover genotypic divergence and last cutting management augment nutritive quality,

- seed yield and milk productivity. *Sustainability*, 14(10), p.5833. DOI: 10.3390/su14105833
- Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A. and Walsh, E. J. 2003.** A note on estimation of quality parameters in perennial ryegrass by near infrared reflectance spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 42(2), pp.293–299.
- Kucukduvan, C. and Ates, E. 2021.** Forage yield and some quality traits of Persian clover at winter and spring sowing under Edirne ecological conditions, Turkey. *Current Trends in Natural Sciences*, 10(19), pp.113-120. DOI: 10.47068/ctns.2021.v10i19.015
- Leto, J., Knezevic, M., Bosnjak, K., Macesic, D., Stafa, Z. and Kozumplik, V. 2004.** Yield and forage quality of red clover (*Trifolium pratense* L.) cultivars in the lowland and the mountain regions. *Plant Soil and Environment*, 50(9), pp.391-396.
- Mikulić, M., Atanacković Krstonošić, M., Kladar, N., Vasiljević, S., Katanski, S., Mamlić, Z., Rakić, D. and Cvejić, J. 2023.** Phytochemical composition of different red clover genotypes based on plant part and genetic traits. *Foods*, 13(1), p.103. DOI: 10.3390/foods13010103
- Mirahki, I., Ardakani, M. R., Golzardi, F., Paknejad, F., Mahrokh, A. and Faraji, S. 2023.** Yield, water use efficiency and silage feeding value of sorghum cultivars as affected by planting date and planting method. *Gesunde Pflanzen*, 75(5), pp.1963-1973. DOI: 10.1007/s10343-022-00822-z
- Nay, M. M., Grieder, C., Frey, L. A., Amdahl, H., Radovic, J., Jaluvka, L., Palmé, A., Skøt, L., Ruttink, T. and Kölliker, R. 2023.** Multi-location trials and population-based genotyping reveal high diversity and adaptation to breeding environments in a large collection of red clover. *Frontiers in Plant Science*, 14, p.1128823. DOI: 10.3389/fpls.2023.1128823
- Nölke, I., Komainda, M., Tonn, B., Feuerstein, U. and Isselstein, J. 2021.** Including chicory and selecting white clover varieties as strategies to improve temporal stability of forage yield and quality in white-clover-based temporary grassland. *European Journal of Agronomy*, 130, p.126362. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126362
- Perkin, E. 1982.** Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer Inc., Waltham. 310 pp.
- Pourali, S., Aghayari, F., Ardakani, M. R., Paknejad, F. and Golzardi, F. 2023.** Benefits from intercropped forage sorghum–red clover under drought stress conditions.

- Gesunde Pflanzen*, 75, pp.1769–1780. DOI: 10.1007/s10343-023-00833-4
- Radinović, I., Vasiljević, S. and Branković, G. 2022.** Correlations of morpho-agronomic traits and forage quality properties in diverse red clover (*Trifolium pratense* L.) collections. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 67(2), pp.139-151. DOI: 10.2298/JAS2202139R
- Rady, A. M., Attia, M. F., Kholif, A. E., Sallam, S. M. and Vargas-Bello-Pérez, E. 2022.** Improving fodder yields and nutritive value of some forage grasses as animal feeds through intercropping with Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Agronomy*, 12(10), p.2589. DOI: 10.3390/agronomy12102589
- Salimpour, M. E., Omoomi, F. D. and Salimpour, F. 2022.** Investigation of agromorphological characters between 34 Accessions of *Trifolium resupinatum* L. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 20(4), pp.10-16. DOI: 10.9734/AJAAR/2022/v20i4403
- Soares, D., Rolim, J., Fradinho, M.J. and do Paço, T.A., 2022.** Production of preserved forage for horses under water scarcity conditions: a case study. *Water*, 14(3), p.388. DOI: 10.3390/w14030388
- Sowa-Borowiec, P., Jarecki, W. and Dżugan, M. 2022.** The effect of sowing density and different harvesting stages on yield and some forage quality characters of the white sweet clover (*Melilotus albus*). *Agriculture*, 12(5), p.575. DOI: 10.3390/agriculture12050575
- Taab, A., Khazaie, M., Andersson, L., Bergkvist, G. and Radicetti, E. 2023.** Ecological intensification using Persian clover to support weed management in winter wheat under semiarid conditions. *Crop Protection*, 164, p.106142. DOI: 10.1016/j.cropro.2022.106142
- Tucak, M., Ravlić, M., Horvat, D. and Čupić, T. 2021.** Improvement of forage nutritive quality of alfalfa and red clover through plant breeding. *Agronomy*, 11(11), p.2176. DOI: 10.3390/agronomy11112176
- Tucak, M., Čupić, T., Horvat, D., Ravlić, M., Krizmanić, G., Maćešić, D., Žnidaršič, T. and Meglič, V. 2023.** Changes in agronomic and forage nutritive values of red clover in response to different development stage. *Romanian Agricultural Research*, 40, pp.215-224. DOI: 10.59665/rar4021
- Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G. and Van der Lee, J. J. 1989.** Soil and plant analysis, a series of syllabi: Plant analysis procedures, Netherland: Wageningen

Agriculture University Press.

- Xolocotzi-Acoltzi, S., Pedroza-Sandoval, A., García-De los Santos, G., Álvarez-Vázquez, P. and Gramillo-Ávila, I. 2024.** Growth, productivity, yield components and seasonality of different genotypes of forage clover *Lotus corniculatus* L. under varied soil moisture contents. *Plants*, 13(10), p.1407. DOI: 10.3390/plants13101407
- Zamanian, M. 2007.** Study and comparison of quantity and quality of forage yield of Persian clover lines. *Pajouhesh and Sazangi Journal*, 75, pp.134 -140. (in Persian).
- Zamanian, M. 2016.** Mix cropping of multi and one cut Persian clover, suitable method for quantity and quality forage clover increase. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 5(2), pp.109-118. DOI: 10.22092/rafhc.2016.109758
- Zamanian, M., and Shahvardi, M. 2017.** Stability of forage yield of promising lines of Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.). *Seed and Plant Journal*, 33(2), pp.177-194. (In Persian). DOI: 10.22092/SPIJ.2017.115549
- Zamanian, M., Golzardi, F., Gitari, H., Nungula, E., Salehi, F. and Heydarzadeh, S. 2024a.** Enhancing forage nutritional value in Persian clover (*Trifolium resupinatum*) and crimson clover (*Trifolium incarnatum*) through intercropping and optimized seeding rate. *Cogent Food and Agriculture*, 10(1), p.2410459. DOI: 10.1080/23311932.2024.2410459
- Zamanian, M., Poureisa, M. and Golzardi, F. 2024b.** The effect of planting date on thermal indices and dry matter yield of different clover genotypes. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 14(1), pp.4787- 4798. DOI: 10.83074/ijpp.2024.2108-1351

RESEARCH ARTICLE

**Evaluation of Forage Yield and Quality of Single-Cut Persian Clover
(*Trifolium resupinatum*) Lines under Climatic Conditions of Karaj in Iran**

M. Zamanian^{1*} , S. Heydarzadeh² and F. Golzardi³

1. Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

2. Ph. D. in Agronomy, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

3. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Zamanian, M., Heydarzadeh, S. and Golzardi, F. 2024. Evaluation of forage yield and quality of single-cut Persian clover (*Trifolium resupinatum*) lines under climatic conditions of Karaj in Iran. *Seed and Plant*, 40, pp.241–270 (in Persian).

This study aimed to evaluate forage yield and nutritional quality of 18 single-cut Persian clover (*Trifolium resupinatum*) lines over two growing seasons (2022-23 and 2023-24) in Karaj, Iran, using randomized complete block design with three replications. The main objective of the study was to identify superior lines for sustainable forage production. Line 3 had the highest dry forage yield (5.9 t ha⁻¹) and protein yield (1.07 t ha⁻¹), with low fiber content and high nutrient uptake. The lowest levels of acid detergent fiber (30.67%) and neutral detergent fiber (41.71%) were recorded in line 3. Lines 3 and 16 showed the highest values for ash content, dry matter intake, water-soluble carbohydrates, relative feed value, net energy for lactation, and nutrient uptake (nitrogen, phosphorus, and potassium) in both growing seasons. Overall, lines 3 and 16 were identified as superior lines with desirable quantity and quality of forage. These two lines are identified for being used in Persian clover breeding programs and production of high-quality forage for feeding livestock.

Keywords: Clover, relative feed value, net energy for lactation, ash, protein yield.

Introduction

Persian clover (*Trifolium resupinatum*) is an important forage legume in semi-arid regions, and is valued for its high protein content and nitrogen-fixing ability (Balazadeh *et al.*, 2021). Recent studies have explored the genetic diversity of clovers, focusing on yield and quality traits under varying conditions (Zamanian *et al.*, 2024). Different genotypes exhibit variable responses due to interactions between their genetic and environmental conditions (Nazari *et al.*, 2017). Despite its importance, information on single-cut Persian clover lines remains limited, particularly under Iran's diverse climatic conditions. Findings of previous researches emphasize on multi-cut clover or other forage crop species, however, this study focused on single-cut Persian clover lines under environmental conditions of Karaj in Iran. Although variability in forage traits of clover, due to genotype $\times$ environment interactions, has been published (Balazadeh *et al.*, 2021; Zamanian *et al.*, 2024), specific publications for single-cut Persian clover are still limited. This research aims to evaluate 18 Persian clover lines to identify genotypes with optimal yield and forage quality for sustainable forage production for livestock in Karaj in Iran.

Materials and Methods

The experiment was carried out at the research field station of the Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (35.798°N, 50.937°E, 1323 m above sea level), in 2022-23 and 2023-24 growing seasons. Eighteen single-cut Persian clover lines were evaluated using randomized complete block design with three replications. Soil (loam-clay, pH 7.9) was fertilized with 150 kg ha⁻¹ triple superphosphate and 50 kg ha⁻¹ urea, before planting, based on soil analysis.

Seeds were sown manually at depth of 3 cm on September 06 in 2022, and September 08 in 2023, with irrigation interval of 7–10 days. Each experimental plot consisted of four rows, each 5 meters long, with a row spacing of 50 cm. Forage was harvested at 25% flowering stage, and dry matter yield, protein, acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), and nutrient content were measured using NIRS (Zamanian *et al.*, 2024). Data were analyzed using SAS software, and means were compared using Tukey's test ($p \leq 0.05$). Principal component analysis (PCA) based on the correlation matrix of traits was performed using Minitab software.

Results and Discussion

The results of this study revealed significant differences among single-cut Persian clover lines for forage yield and quality. These variations for quantitative and quality traits indicated that the high genetic potential of this clover species can be utilized for improving its forage yield and quality (Salimpour *et al.*, 2022; Zamanian *et al.*, 2024). Line 3 outperformed other lines with the highest dry forage yield (5.9 t ha⁻¹), and protein yield (1.07 t ha⁻¹), low ADF content (30.67%) and NDF content (41.71%), indicating its high digestibility. Lines 3 and 16 showed high ash content, water-soluble carbohydrates,

and nutrient uptake (N, P, K). These characteristics were aligned with its superior relative feed value and net energy for lactation.

Significant genotype $\times$ year interaction effects on different quantitative and quality traits revealed that different single-cut Persian clover lines performed differently in two growing seasons (Balazadeh *et al.*, 2021). Line 5 recorded the lowest dry forage yield (3.3 t ha^{-1}), which can be due to poor nutrient uptake (Pourali *et al.*, 2021). The findings of this research underscore genotype selection's role in optimizing forage yield and quality in semi-arid regions. Lines 3 and 16 were identified as superior lines due to their high dry matter and protein yields as well as desirable nutritional value. In addition to these two lines, lines 18, 2, and 13 also had reasonable dry forage yield and quality. Principal component analysis confirmed that forage quality and yield are positively correlated in these lines, suggesting their potential use in breeding programs for development of improved cultivars (Zamanian *et al.*, 2024). Given their superior dry forage yield and quality, lines 3 and 16 are recommended for autumn cultivation to enhance forage yield and production efficiency.

References

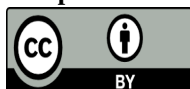
- Balazadeh, M., Zamanian, M., Golzardi, F. and Torkashvand, A. M. 2021. Effects of limited irrigation on forage yield, nutritive value and water use efficiency of Persian clover (*Trifolium resupinatum*) compared to berseem clover (*Trifolium alexandrinum*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(16), pp.1927-1942. DOI: 10.1080/00103624.2021.1900228
- Pourali, S., Aghayari, F., Ardakani, M. R., Paknejad, F. and Golzardi, F. 2023. Benefits from intercropped forage sorghum–red clover under drought stress conditions. *Gesunde Pflanzen*, 75, pp.1769–1780. DOI: 10.1007/s10343-023-00833-4
- Salimpour, M. E., Omoomi, F. D. and Salimpour, F. 2022. Investigation of agromorphological characters between 34 Accessions of *Trifolium resupinatum* L. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 20(4), pp.10-16. DOI: 10.9734/AJAAR/2022/v20i4403
- Zamanian, M., Golzardi, F., Gitari, H., Nungula, E., Salehi, F. and Heydarzadeh, S. 2024. Enhancing forage nutritional value in Persian clover (*Trifolium resupinatum*) and crimson clover (*Trifolium incarnatum*) through intercropping and optimized seeding rate. *Cogent Food and Agriculture*, 10(1), p.2410459. DOI: 10.1080/23311932.2024.2410459

*Corresponding author: m.zamanian@areeo.ac.ir

Tel.: +982632705992

Received: 15 July 2024

Accepted: 17 August 2024



2024© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.