Vol 26, No. 4, Winter 2025

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Effect of Seeding Rate on the Quantitative and Qualitative Performance of Forage in Intercropping Systems of Persian Clover (*Trifolium resupinatum*) and Crimson Clover (*T. incarnatum*)

Mohammad Zamanian[1]✉ | Farid Golzardi[2] | Saeid Heydarzadeh[3] | Behzad Alizadeh[4]

1. Corresponding Author, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: m.zamanian@areeo.ac.ir
2. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: f.golzardi@areeo.ac.ir
3. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: s.heydarzadeh@areeo.ac.ir
4. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: alizadeh.spii@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 11 January 2024
Received in revised form
5 November 2024
Accepted 24 November 2024
Published online 30 December 2024

Keywords:
Digestibility
Energy
Forage yield
Planting density
Protein

ABSTRACT

Objective: This study was conducted to investigate the possibility of increasing the clover forage yield and quality by changing the seeding rate in monoculture and intercropping systems of Persian clover and crimson clover.

Methods: This research was conducted in a factorial arrangement using a randomized complete block statistical design with three replications at the Seed and Plant Improvement Institute in Karaj, Iran, during the cropping seasons 2021-22 and 2022-23. Experimental treatments involved five cropping systems (Persian clover monoculture, crimson clover monoculture, and different intercropping systems of these two species: 25% Persian clover+ 75% crimson clover, 50% Persian clover+ 50% crimson clover, and 75% Persian clover+ 25% crimson clover). Two seeding rates, 20 and 25 kg ha^{-1}, were also examined. The evaluated traits comprised dry forage yield, plant height, and ten characteristics related to the nutritional value of the forage.

Results: The results showed that forage yield and quality of clover were significantly affected by cropping system and seeding rate. In general, monoculture systems and seeding rate of 25 kg ha^{-1} had higher quantitative yield, whereas intercropping systems and seeding rate of 20 kg ha^{-1} had higher forage quality. The highest dry forage yield was obtained in the monoculture cropping systems of crimson clover with seeding rates of 25 and 20 kg ha^{-1}, and in the monoculture cropping system of Persian clover with a seeding rate of 25 kg ha^{-1}, producing 4.24, 3.93, and 3.73 tons of dry matter per hectare, respectively. The intercropping system of 50% Persian clover+ 50% crimson clover significantly increased the relative feed value of forage compared to monoculture systems, and the seeding rate of 20 kg ha^{-1} with a feed value of 162% improved the superiority of this cropping system. Monoculture of crimson clover at both seeding rates and monoculture of Persian clover at the seeding rate of 25 kg ha^{-1} were in the superior statistical group in terms of total dry forage yield.

Conclusion: Monoculture of crimson clover with a seeding rate of 25 kg ha^{-1} had higher quantitative yield, whereas intercropping of 50% Persian clover+ 50% crimson clover with a seeding rate of 20 kg ha^{-1} had higher forage quality. In the current conditions where forage quality plays no role in determining its purchase price, monoculture of crimson clover would be more profitable for farmers. However, intercropping of 50% Persian clover+ 50% crimson clover could be beneficial for farmer-livestock producers in enhancing dairy production.

Cite this article: Zamanian, M., Golzardi, F., Heydarzadeh, S., & Alizadeh, B. (2025). Effect of Seeding Rate on the Quantitative and Qualitative Performance of Forage in Intercropping Systems of Persian Clover (*Trifolium resupinatum*) and Crimson Clover (*T. incarnatum*). *Journal of Crops Improvement*, 26 (4), 769-786.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.370971.2872

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.370971.2872

دوره بیست و ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

تأثیر میزان بذر بر عملکرد کمی و کیفی علوفه در نظام‌های کشت مخلوط شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum*) و شبدر لاکی (*T. incarnatum*)

محمد زمانیان[1]✉ | فرید گل‌زردی[2] | سعید حیدرزاده[3] | بهزاد علیزاده[4]

۱. نویسنده مسئول، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: m.zamanian@areeo.ac.ir
۲. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: f.golzardi@areeo.ac.ir
۳. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: s.heydarzadeh@areeo.ac.ir
۴. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: alizadeh.spii@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

کلیدواژه‌ها:
انرژی
پروتئین
تراکم کاشت
عملکرد علوفه
قابلیت هضم

چکیده

هدف: این مطالعه با هدف بررسی امکان افزایش عملکرد و کیفیت علوفه شبدر با تغییر میزان بذر مصرفی در نظام‌های کشت خالص و مخلوط شبدر ایرانی و شبدر لاکی انجام شد.

روش پژوهش: این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج نظام کشت (تک‌کشتی شبدر ایرانی، تک‌کشتی شبدر لاکی و کشت مخلوط این دو گونه در نسبت‌های ۲۵ درصد+ ۷۵ درصد، ۵۰ درصد+ ۵۰ درصد و ۷۵ درصد+ ۲۵ درصد) و دو میزان بذر مصرفی (۲۰ و ۲۵ کیلوگرم بذر در هکتار) بودند. صفات موردبررسی شامل عملکرد علوفه خشک، ارتفاع بوته و ۱۰ ویژگی مرتبط با ارزش غذایی علوفه بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که عملکرد و کیفیت علوفه شبدر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نظام کشت و میزان بذر مصرفی قرار گرفتند. به‌طور کلی نظام‌های کشت خالص و میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد کمی برتری داشتند، درحالی‌که نظام‌های کشت مخلوط و میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار از کیفیت علوفه بالاتری برخوردار بودند. بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک در نظام‌های کشت خالص شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار و کشت خالص شبدر ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد شبدر ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی در قیاس با نظام‌های تک‌کشتی باعث افزایش معنی‌دار ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه شد و میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار با ارزش تغذیه‌ای ۱۶۲ درصدی، برتری این نظام کشت را بهبود بخشید. نظام‌های تک‌کشتی شبدر لاکی در هر دو میزان بذر مصرفی و تک‌کشتی شبدر ایرانی در میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد علوفه خشک کل در گروه آماری برتر قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: کشت خالص شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد کمی برتری داشت، درحالی‌که کشت مخلوط ۵۰ درصد شبدر ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار از کیفیت علوفه بالاتری برخوردار بود. در شرایط فعلی که کیفیت علوفه هیچ نقشی در تعیین قیمت خرید آن ندارد، کاشت خالص شبدر لاکی برای کشاورزان سودمندتر خواهد بود. با این‌حال، کشت مخلوط ۵۰ درصد شبدر ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی برای کشاورز-دامداران می‌تواند در افزایش تولید محصولات لبنی راه‌گشا باشد.

استناد: زمانیان، محمد؛ گل‌زردی، فرید؛ حیدرزاده، سعید و علیزاده، بهزاد (۱۴۰۳). تأثیر میزان بذر بر عملکرد کمی و کیفی علوفه در نظام‌های کشت مخلوط شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum*) و شبدر لاکی (*T. incarnatum*). *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۴)، ۷۶۹-۷۸۶.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.370971.2872

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

کاهش تنوع زیستی به‌ویژه در سال‌های اخیر باعث کاهش انعطاف‌پذیری و پایداری نظام‌های زراعی شده است. یکی از راه‌کارهای مهم برای افزایش تنوع زیستی در کشاورزی استفاده از نظام‌های کشت مخلوط است (بغدادی[1] و همکاران، ۲۰۲۳). کشت مخلوط می‌تواند به افزایش عملکرد در واحد سطح، کاهش خسارت‌های آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، افزایش انعطاف‌پذیری و پایداری سیستمی، کاهش ریسک تولید و بهبود کارایی استفاده از منابع کمک نماید (زمانیان و همکاران، ۱۳۹۱). علاوه بر این، اگر لگوم‌ها به‌عنوان جزئی در نظام کشت مخلوط استفاده شوند، می‌توانند ثبات عملکرد را افزایش دهند، فشار علف‌های هرز را به حداقل برسانند، کارایی استفاده از زمین را بهبود بخشند و دسترسی نیتروژن را افزایش دهند (خو[2] و همکاران، ۲۰۲۱). این امر برای کاهش فرسایش خاک و صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی مفید است و اثرات مثبتی بر محیط زیست دارد (جلیلیان[3] و همکاران، ۲۰۱۷). تولید گیاهان علوفه‌ای با استفاده از کشت مخلوط ممکن است راه‌حلی برای دستیابی به عملکرد بهینه با حداقل مصرف برون‌زا باشد که می‌تواند در بلندمدت نیازهای نهاده‌ای سیستم‌های کشاورزی را کاهش دهد (رضایی چیانه[4] و همکاران، ۲۰۲۱).

یکی از عوامل مهم مؤثر بر عملکرد گیاه شبدر، میزان بذر مصرفی جهت کاشت و تراکم اولیه بوته در واحد سطح است (زمانیان و همکاران، ۱۴۰۲). تراکم‌های کاشت خیلی بالا، شرایط مناسبی را برای رشد و تکثیر بیماری‌ها و آفات فراهم می‌کنند، درحالی‌که تراکم‌های کاشت پایین، فضای بیش‌تری برای رشد علف‌های هرز فراهم می‌نمایند (نظری[5] و همکاران، ۲۰۱۷، اومش[6] و همکاران، ۲۰۲۲). تراکم بر عملکرد نهایی علوفه و بیش‌تر اجزای کیفی آن نیز تأثیر می‌گذارد (خو و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین، انتخاب تراکم مناسب در هر دو شرایط تک‌کشتی و کشت مخلوط منجر به بهبود عملکرد و کیفیت علوفه می‌شود (فراز-آلمیدا[7] و همکاران، ۲۰۲۲). کیفیت علوفه تحت تأثیر عواملی مانند ویژگی‌های خاک، کوددهی، فراهمی رطوبت، مرحله رشدی گیاه، شدت چرا، تغییرات آب‌وهوایی، گونه‌ها و واریته‌ها قرار می‌گیرد (سلام[8]، ۲۰۱۹؛ بالازاده و همکاران، ۲۰۲۱). تراکم گیاه یکی از عوامل مدیریتی غالب است که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد و ظرفیت جذب تابش، آب و مواد مغذی را تنظیم می‌کند (اومش و همکاران، ۲۰۲۲). تغییر در تراکم گیاه، ریزاقلیم متفاوتی را برای گیاهان ایجاد می‌کند و در نتیجه سطوح مختلفی از رطوبت خاک، میکروارگانیسم‌های خاک، دمای تاج پوشش و غیره ایجاد می‌شود (دلفانی[9] و همکاران، ۲۰۲۲). تراکم جمعیت گیاهی یک عامل مهم مرتبط با فاکتورهای کمی و کیفی در گیاهان علوفه‌ای است (دلفانی و همکاران، ۲۰۲۲؛ کارمی[10] و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش تراکم کاشت در بهبود جذب نور و در نتیجه میزان تجمع ماده خشک در بقولات علوفه‌ای در جهت بهبود عملکرد علوفه با ارزش غذایی بالا مؤثر ذکر شده است (استوتی[11] و همکاران، ۲۰۲۲). تراکم مناسب تاج پوشش گیاه را قادر می‌سازد تا تابش فعال فتوسنتزی را به‌خوبی جذب کند و در نتیجه عملکرد بالاتری تولید نماید (عاشوری[12] و همکاران، ۲۰۲۱؛ جوانمرد و

1. Baghdadi
2. Xu
3. Jalilian
4. Rezaei-Chiyaneh
5. Nazari
6. Umesh
7. Ferraz-Almeida
8. Salama
9. Delfani
10. Carmi
11. Astuti
12. Ashoori

همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین، در انتخاب تراکم مناسب بوته باید تاج پوشش گیاه قادر به رهگیری حداکثر تشعشعات فعال فتوسنتزی شود و در نتیجه عملکرد بالاتری تولید نماید (آرمسترانگ[1] و همکاران، ۲۰۰۸).

در بین گونه‌های گیاهی، لگوم‌های علوفه‌ای یکساله به‌عنوان منبع اصلی مواد مغذی دام مورد توجه و پرورش هستند. مصرف حبوبات می‌تواند نیاز انرژی، پروتئین، ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبر را تأمین کند (حیدرزاده[2] و همکاران، ۲۰۲۲). شبدر نام رایج گیاهان جنس *Trifolium* است و شامل حدود ۳۰۰ گونه گیاهی از خانواده Fabaceae است (عاشوری و همکاران، ۲۰۲۱). شبدرها گونه‌های مختلفی را پوشش می‌دهند که با پتانسیل رشد کافی در سراسر جهان گسترش یافته‌اند و از ارزش علوفه‌ای و غذایی بالایی برای حیوانات برخوردار هستند (زمانیان و همکاران، ۱۴۰۲). شبدر لاکی گیاهی یکساله، دگرگشن و دارای فرم ایستاده است که بیش‌ترین رشدش در اوایل بهار می‌باشد. نام علمی آن *T. incarnatum* L. و از خانواده لگومینوزه، بومی جنوب‌غربی آسیای صغیر تا نواحی اروپاست و به‌عنوان کود سبز و یک گیاه علوفه‌ای در فرانسه، اسپانیا، مجارستان، ایتالیا، جنوب انگلستان و آمریکا مطرح می‌باشد (زمانیان و همکاران، ۱۳۹۱). شبدر ایرانی یک لگوم خوابیده یا نیمه‌ایستاده یکساله است که شبیه به شبدر برسیم بوده اما ارتفاع آن کوتاه‌تر است به‌عنوان یک گونه مهم علوفه‌ای شناخته می‌شود (بختیاری[3] و همکاران، ۲۰۲۰). تولید زیاد علوفه شبدر به ارقام، عوامل محیطی (بارندگی، دما و غیره)، تاریخ کاشت، تراکم کاشت، مرحله برداشت، حاصلخیزی خاک و سایر تکنیک‌های کشت بستگی دارد (بالازاده[4] و همکاران، ۲۰۲۱).

با توجه به کمبود علوفه در کشور و پتانسیل مناسب شبدرها برای رفع بخش قابل‌توجهی از نیاز به علوفه کشور، باید راه‌کارهای مناسبی برای ارتقای عملکرد کمی و کیفی این گیاهان معرفی شود، بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی امکان افزایش عملکرد و کیفیت علوفه شبدر با تغییر میزان بذر مصرفی در نظام‌های کشت خالص و مخلوط شبدر ایرانی و شبدر لاکی در شرایط آب‌وهوایی کرج اجرا شد.

۲. پیشینهٔ پژوهش

گزارش شده است که کشت مخلوط گندم با یونجه باعث بهبود عملکرد علوفه و ارزش غذایی این گیاهان در مقایسه با شرایط تک‌کشتی شد (مو[5] و همکاران، ۲۰۲۳). نتایج تحقیقات نشان داده است که با کاهش تراکم بوته، کیفیت علوفه ذرت سیلو با کاهش الیاف نامحلول شوینده خنثی و اسیدی بهبود یافت (سلام، ۲۰۱۹). گزارش شده است که با افزایش جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو، رشد سبزینه‌ای گیاهان بیش‌تر شده و از درصد فیبر خام علوفه گیاه کاسته شده و در نتیجه کیفیت علوفهٔ تولیدی بیش‌تر می‌شود (خو و همکاران، ۲۰۲۲). گزارش شده است که الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در الگوهای مختلف کشت مخلوط در تراکم کاشت پایین کاهش یافت که می‌توان آن را به بهبود ویژگی‌های رشد گیاه به‌دلیل افزایش در دسترس‌بودن مواد مغذی و افزایش کارایی استفاده از محیط‌زیست در الگوهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت تک نسبت داد (پورعلی[6] و همکاران، ۲۰۲۳). پژوهش‌گران اظهار داشتند، برتری عملکرد در کشت مخلوط ممکن است در اثر تلفیقی از عوامل مختلف همچون استفاده بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصر

1. Armstrong
2. Heydarzadeh
3. Bakhtiyari
4. Balazadeh
5. Mu
6. Pourali

غذایی بوده باشد (باکی[1] و همکاران، ۲۰۲۱). آن‌ها وجود اختلاف در ساختار ریشه، توزیع کانوپی و احتیاجات غذایی گیاهان در کشت مخلوط را علت این کارآمدی تشخیص دادند (پورعلی و همکاران، ۲۰۲۳). نتایج پژوهش‌ها نشان داه است که اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر سورگوم را موردمطالعه قرار دادند و گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، عملکرد علوفه افزایش یافت (جهانزاد[2] و همکاران، ۲۰۱۳).

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش طی دو سال (۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰) در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌روش فاکتوریل با سه تکرار در مزرعهٔ پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. پنج نظام کشت شامل تک‌کشتی شبدر ایرانی، تک‌کشتی شبدر لاکی و نظام‌های کشت مخلوط ۲۵ درصد شبدر ایرانی+ ۷۵ درصد شبدر لاکی، ۵۰ درصد شبدر ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی و ۷۵ درصد شبدر ایرانی+ ۲۵ درصد شبدر لاکی و دو تراکم کاشت شامل ۲۰ و ۲۵ کیلوگرم بذر در هکتار موردبررسی قرار گرفتند (نوربخشیان، ۱۳۹۴). خاک مزرعه آزمایشی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری دارای بافت لومی-رسی با محتوای نیتروژن ۰/۰۵ درصد، اسیدیته ۷/۹، محتوای پتاسیم و محتوای فسفر به‌ترتیب ۲۵۰ و ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. روند تغییرات میانگین دما و مجموع بارش ماهانه در محل آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در شکل (۱) ارائه شده است. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول پنج متر و با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. بذور ارقام شبدر ایرانی تک‌چین (توده محلی) و لاکی رقم البرز ۱ با قوه نامیه ۹۹ درصد توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شد. به‌منظور آماده‌سازی بستر کشت، زمین قبل از کاشت شخم زده شد و سپس با دو دیسک عمود بر یکدیگر آماده گردید. براساس نیاز گیاه، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (سوپر فسفات‌تریپل) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (به‌عنوان استارتر) به خاک اضافه شد و همراه با شخم با خاک مخلوط شد. بذرها در تاریخ ۱۷ شهریورماه ۱۳۹۹ و ۱۹ شهریورماه ۱۴۰۰ به‌صورت دستی در عمق ۳ سانتی‌متری در هر کرت کاشته شدند. کرت‌ها بلافاصله پس از کاشت آبیاری شدند و آبیاری‌های بعدی هر هفت تا ۱۰ روز با توجه به شرایط اقلیمی و نیاز گیاه انجام شد.

برداشت علوفه تیمارها در مرحله ۲۵ درصد گلدهی بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای در سطح دو مترمربع از هر کرت در اواخر فروردین‌ماه انجام شد. به‌منظور تعیین عملکرد علوفه خشک و هم‌چنین ارزیابی خصوصیات کیفی، نمونه‌های علوفهٔ هر کرت در پاکت قرار داده شدند و در آون با دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت خشک گردیدند. برای تعیین خصوصیات کیفی علوفه شامل درصد پروتئین خام (CP)، قابلیت هضم ماده خشک (DMD)، کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، نمونه‌های خشک‌شده در آون، آسیاب و غربال شدند و در مرحله بعد با استفاده از دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک (مدل PerCon Inframatic 8620، کشور آلمان) مورد ارزیابی قرار گرفتند (جعفری[3] و همکاران، ۲۰۰۳). محاسبه کل مواد مغذی قابل‌هضم (TDN)، انرژی خالص برای شیردهی (NEL)، ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV) و ماده خشک مصرفی (DMI) با استفاده از معادلات زیر انجام شد (هوراکس و ولنتاین[4]، ۱۹۹۹).

1. Bacchi
2. Jahanzad
3. Jafari
4. Horrocks & Vallentine

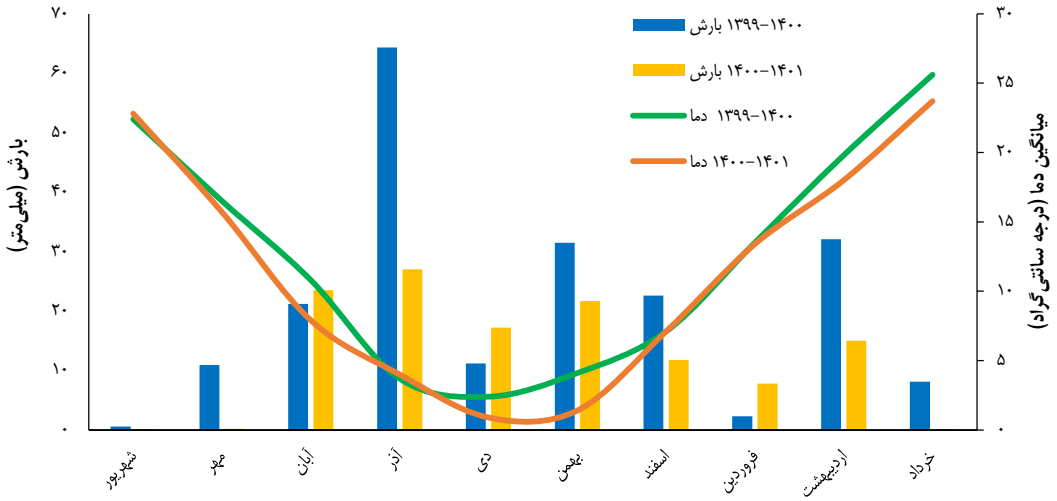
رابطه ۱) $TDN= (-۱/۲۹۱\times \%\ ADF)+ ۱۰۱/۳۵$

رابطه ۲) $NEL = (۱/۰۴۴ - (۰/۰۱۱۹ \times \%\ ADF) \times ۲/۲۰۵$

رابطه ۳) $RFV = \%\ DDM \times \%\ DMI \times ۰/۷۷۵$

رابطه ۴) $DMI = \frac{۱۲۰}{NDF}$

که در این معادلات، ADF الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، DDM قابلیت هضم ماده خشک و DMI ماده خشک مصرفی می‌باشند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت، هم‌چنین برای مقایسهٔ میانگین‌ها از روش LSD استفاده شد.



شکل ۱. روند تغییرات میانگین دما و مجموع بارش ماهانه در محل آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰

۴. یافته‌های پژوهش

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که درصد پروتئین خام (CP[۱])، کربوهیدرات محلول در آب (WSC)[۲] و عملکرد علوفه شبدر لاکی در سطح ۱ درصد تحت اثر متقابل سال× نظام کشت قرار گرفتند؛ هم‌چنین درصد پروتین خام در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تراکم کشت قرار گرفت. الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF)[۳] و خنثی (NDF)[۴]، قابلیت هضم ماده خشک (DMD)[۵]، مواد مغذی قابل هضم (TDN)[۶]، ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV)[۷]، انرژی خالص شیردهی (NEL)[۸]، ماده خشک مصرفی (DMI)[۹]، ارتفاع بوته و عملکرد علوفه شبدر ایرانی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر متقابل سال× نظام کشت× تراکم کشت قرار گرفتند. اثر متقابل نظام کشت× تراکم کشت در سطح احتمال

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

پنج درصد بر عملکرد علوفه کل شبدر معنی‌دار بود، هم‌چنین عملکرد خشک کل علوفه شبدر در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر سال قرار گرفت (جدول ۱).

۴. ۱. درصد پروتئین خام

نظام کشت خالص شبدر ایرانی در سال اول با محتوی پروتئین ۱۸/۲۹ درصدی در گروه آماری برتر قرار گرفت و پس از آن، همین نظام کشت در سال دوم (با تولید ۱۷/۴۸ درصد پروتئین) در رتبه دوم گروه‌بندی شد. در همه نظام‌های موردبررسی، محتوای پروتئین خام در سال اول به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) بیش‌تر از سال دوم بود (جدول ۲). بیش‌تربودن محتوی پروتئین علوفه در سال اول نسبت به سال دوم به‌نظر می‌رسد با بالاتربودن میزان بارش و میانگین دما در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۴۰۰ مرتبط باشد (شکل ۱). نظام کشت خالص شبدر لاکی در سال دوم نیز با محتوای پروتئین ۱۱/۷۲ درصدی در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفت و پس از آن، همین نظام کشت در سال اول و هم‌چنین کشت مخلوط ۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی در سال دوم (به‌ترتیب با تولید ۱۴/۲۴ و ۱۴/۶۰درصد پروتئین) در گروه آماری ماقبل‌آخر گروه‌بندی شدند (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب صفات کمی و کیفی علوفه و نسبت برابری زمین تحت تأثیر نظام و تراکم کشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	پروتئین خام	الیاف نامحلول خنثی	الیاف نامحلول اسیدی	قابلیت هضم ماده خشک	ماده خشک مصرفی	کربوهیدرات محلول	خاکستر
سال	۱	۰/۳۴^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۳/۷۰**	۲/۴۲**	۰/۰۰۴^{ns}	۳/۲۵**	۴/۶۱**
تکرار (سال)	۴	۰/۲۵	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۰۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۶	۰/۲۱
نظام کشت	۴	۳۶/۲۳**	۲/۵۶**	۲/۸۹**	۱/۹۴**	۰/۰۱**	۲/۵۳**	۰/۰۶^{ns}
سال× نظام کشت	۴	۷/۸۲**	۷/۰۶**	۱۱/۸۸**	۷/۹۳**	۰/۰۳**	۱/۱۷**	۰/۲۱^{ns}
تراکم کاشت	۱	۲/۱۲**	۱۵۷/۳۰**	۳۶/۵۱**	۱۹/۸۰**	۰/۸۰**	۰/۰۲^{ns}	۰/۴۶^{ns}
سال×تراکم کاشت	۱	۰/۱۱^{ns}	۵/۷۳*	۲/۰۷*	۱/۷۵**	۰/۰۳**	۰/۵۵^{ns}	۰/۲۱^{ns}
نظام× تراکم	۴	۱/۰۱^{ns}	۱/۱۷^{ns}	۳/۶۶**	۲/۸۶**	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۳۸^{ns}	۰/۱۴^{ns}
سال× نظام× تراکم	۴	۰/۴۸^{ns}	۷/۵۳**	۱۶**	۸/۲۷**	۰/۰۳**	۰/۵۱^{ns}	۰/۱۹^{ns}
خطای آزمایشی	۳۶	۰/۲۴	۰/۷۹	۰/۳۸	۰/۱۷	۰/۰۰۳	۰/۲۰	۰/۱۹
ضریب تغییرات (درصد)	–	۳/۲۲	۲/۱۷	۱/۹۱	۰/۶۶	۲/۰۶	۸/۶۳	۷/۳۱

ادامه جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب صفات کمی و کیفی علوفه و نسبت برابری زمین تحت تأثیر نظام و تراکم کشت

منابع تغییرات	درجه آزادی#	عملکرد علوفه شبدر ایرانی	عملکرد علوفه شبدر لاکی	ارزش نسبی تغذیه‌ای	مواد مغذی قابل هضم	انرژی خالص شیردهی	ارتفاع بوته	عملکرد علوفه کل
سال	۱	۱/۲۳**	۸/۷۷**	۳۰/۸۰^{ns}	۶/۶۰**	۳۳/۵۷^{ns}	۵۸۱/۲**	۱۲/۷۰**
تکرار (سال)	۴	۰/۰۹	۰/۰۷	۱۰/۷۴	۰/۸۹	۶/۴۴	۴/۶۶	۰/۱۳
نظام کشت	۳	۳/۹۲**	۳۴/۴۸**	۶۷/۸۷**	۵/۰۹**	۱۱۱/۲۴**	۵۲/۴۳**	۳/۰۴**
سال× نظام کشت	۳	۰/۳۳^{ns}	۱/۷۱**	۲۴۰/۹۱**	۲۰/۰۳**	۲۱۰/۵۹**	۲۰۲**	۱/۶۶**
تراکم کاشت	۱	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۳۱۲۵/۵۳**	۶۲/۲۲**	۳۲۹۸/۰۴**	۵۴/۲۶**	۰/۲۱^{ns}
سال×تراکم کاشت	۱	۰/۳۲^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۱۱۲/۹۱**	۳/۷۷*	۷۴/۲۸*	۲۱۷/۸۹**	۰/۱۶^{ns}
نظام× تراکم	۳	۰/۹۷**	۰/۱۷^{ns}	۴۷/۱۲*	۶/۳۸**	۲۶/۳۲^{ns}	۴۷/۴۱**	۰/۶۹*
سال× نظام× تراکم	۳	۰/۵۳*	۰/۰۴^{ns}	۲۷۰/۲۴**	۲۶/۴۵**	۲۴۲/۰۳**	۲۴/۸۷**	۰/۴۴^{ns}
خطای آزمایشی	۲۸	۰/۱۳	۰/۱۳	۱۴/۶۸	۰/۶۰	۱۳/۶۵	۵/۲۹	۰/۲۳
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۲/۳۵	۱۲/۰۹	۲/۶۴	۱/۳۱	۲/۵۴	۵/۱۵	۱۴/۵۴

ns، * و **: به‌ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

#: در تجزیه واریانس عملکرد علوفه شبدر ایرانی، کشت خالص شبدر لاکی و در تجزیه واریانس عملکرد علوفه شبدر لاکی، کشت خالص شبدر ایرانی حذف شد.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سال× نظام کشت بر برخی صفات کیفی و عملکرد علوفه شبدر

تیمار		پروتئین خام	کربوهیدرات محلول	عملکرد علوفه خشک شبدر
نظام کشت	سال	(درصد)	در آب (درصد)	لاکی (تن در هکتار)
کشت خالص لاکی	سال اول	۱۴/۲۴g	۴/۷۰de	۵/۰۵a
	سال دوم	۱۱/۷۲h	۴/۲۹e	۳/۰۸b
کشت خالص ایرانی	سال اول	۱۸/۲۹a	۵/۶۱bc	–
	سال دوم	۱۷/۴۸b	۵/۱۵bcd	–
۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی	سال اول	۱۶/۳۶c	۵/۴۹bc	۰/۴۷def
	سال دوم	۱۵/۱۵def	۵/۱۰cd	۰/۱۷f
۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی	سال اول	۱۵/۷۵d	۶/۲۶a	۱/۰۰cde
	سال دوم	۱۵/۰۹ef	۵/۷۲b	۰/۳۵ef
۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی	سال اول	۱۵/۳۲de	۵/۴۳bc	۱/۵۹c
	سال دوم	۱۴/۶۰fg	۴/۷۱de	۱/۰۸cd

حروف متفاوت در هر ستون به مفهوم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون دانکن می‌باشد.

۴. ۲. کربوهیدرات‌های محلول در آب

نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد شبدر ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی در سال اول با تولید محتوی کربوهیدرات‌های محلول ۶/۲۶ درصدی در گروه آماری برتر قرار گرفت و پس از آن، همین نظام کشت در سال دوم، کشت خالص شبدر ایرانی در هر دو سال و کشت مخلوط ۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی در سال اول در رتبه دوم گروه‌بندی شد. در همه نظام‌های موردبررسی، محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب سال اول بیش‌تر از سال دوم بود، هرچند فقط در نظام‌های کشت مخلوط ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی و ۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی این تفاوت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌تربودن محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب در سال اول نسبت به سال دوم به‌نظر می‌رسد با بالاتربودن میزان بارش و میانگین دما در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۴۰۰ مرتبط باشد (شکل ۱). علاوه بر این، نظام کشت خالص شبدر لاکی در سال دوم و اول و هم‌چنین کشت مخلوط ۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی در سال دوم (به‌ترتیب با تولید ۴/۲۹، ۴/۷۰ و ۴/۷۱ درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب) در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲).

۴. ۳. عملکرد علوفه شبدر لاکی

نظام کشت خالص شبدر لاکی در سال اول با عملکرد علوفه خشک ۵/۰۵ تن در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفت و پس از آن، همین نظام کشت در سال دوم، با تولید ۳/۰۸ تن علوفه خشک در هکتار در رتبه دوم گروه‌بندی شد. در همه نظام‌های کشت، عملکرد علوفه خشک شبدر لاکی در سال اول بیش‌تر از سال دوم بود، هرچند فقط در نظام کشت خالص شبدر لاکی این تفاوت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌تربودن عملکرد علوفه خشک شبدر لاکی در سال اول نسبت به سال دوم با بالاتربودن میزان بارش و میانگین دما در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۴۰۰ مرتبط می‌باشد (شکل ۱). با افزایش درصد شبدر لاکی و کاهش درصد شبدر ایرانی در نظام‌های کشت موردبررسی، عملکرد علوفه خشک شبدر لاکی افزایش یافت. بدون درنظرگرفتن کشت خالص شبدر ایرانی، نظام‌های کشت مخلوط ۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی در سال دوم، ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی در سال دوم و کشت مخلوط ۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی در سال اول (به‌ترتیب با تولید ۰/۱۷، ۰/۳۵ و ۰/۴۷ تن علوفه خشک شبدر لاکی در هکتار) در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲).

۴. ۴. الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی و خنثی

نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار با محتوای الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و خنثی به‌ترتیب ۲۹/۲۶ و ۳۷/۸۴ درصد طی سال اول و ۲۹/۲۹ و ۳۷/۸۸ درصد طی سال دوم در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفت و به‌عنوان تیمار برتر از نظر کیفی شناسایی شد (جدول ۳). علاوه بر این، کشت خالص شبدر ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال اول و دوم و هم‌چنین کشت مخلوط ۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم و اول (به‌ترتیب با تولید ۳۸/۴۸، ۳۸/۷۷، ۳۹/۱۹ و ۳۹/۲۶ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی) نیز در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند. از نظر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نیز نظام‌های کشت مخلوط ۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم و کشت مخلوط ۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال اول به‌ترتیب با محتوای الیاف ۲۹/۹۶ و ۳۰/۲۶ درصدی در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). در اکثر نظام‌های کشت موردبررسی، محتوای الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و خنثی با افزایش تراکم کاشت، افزایش یافت و منجر به کاهش کیفیت علوفه شد. نظام کشت خالص شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی را طی سال دوم (به‌ترتیب ۴۴/۱۹ و ۳۴/۸۸ درصد) و سال اول (به‌ترتیب ۴۳/۴۸ و ۳۴/۷۸ درصد) تولید کرد و پایین‌ترین کیفیت علوفه را نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل سال× نظام کشت× تراکم کاشت بر برخی صفات کیفی علوفه شبدر

سال	نظام کشت	بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	الیاف نامحلول خنثی (درصد)	الیاف نامحلول اسیدی (درصد)	قابلیت هضم ماده خشک (درصد)	ماده خشک مصرفی (درصد)	ارزش نسبی تغذیه‌ای (درصد)	مواد مغذی قابل‌هضم (درصد)	انرژی شیردهی (مگاکالری در کیلوگرم)
سال اول	کشت خالص لاکی	۲۰	۴۰/۵۳def	۳۴/۲۷ab	۶۲/۲۰hij	۲/۹۶de	۱۴۲/۸۸efg	۵۷/۱۱jik	۱/۴۰ijk
		۲۵	۴۳/۴۸ab	۳۴/۷۸a	۶۱/۸۱ij	۲/۷۶hi	۱۳۲/۲۲jk	۵۶/۳۲jk	۱/۳۹jk
	کشت خالص ایرانی	۲۰	۳۸/۴۸gh	۳۱/۸۲fg	۶۴/۳۰cd	۳/۱۲abc	۱۵۵/۰۰b	۶۰/۲۷de	۱/۴۷d
		۲۵	۴۳/۴۲ab	۳۳/۹۹abc	۶۲/۴۲g-j	۲/۷۷hi	۱۳۳/۷۷jk	۵۷/۴۷h-k	۱/۴۱g-j
	۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی	۲۰	۳۹/۲۶fgh	۳۲/۷۷def	۶۳/۳۸ef	۳/۰۵cd	۱۵۰/۱۵bcd	۵۹/۰۵efg	۱/۴۴efg
		۲۵	۴۲/۹۲abc	۳۲/۹۱cdef	۶۳/۵۲ef	۲/۸۱fghi	۱۳۷/۰۹g-j	۵۸/۸۷e-h	۱/۴۴ef
	۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی	۲۰	۳۷/۸۴h	۲۹/۲۶j	۶۶/۱۱a	۳/۱۷a	۱۶۲/۴۶a	۶۳/۵۷a	۱/۵۳a
		۲۵	۴۱/۸۴bcd	۳۲/۶۱ef	۶۳/۵۰ef	۲/۸۷e-h	۱۴۱/۱۸fgh	۵۹/۲۶ef	۱/۴۶de
	۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی	۲۰	۳۹/۶۲efg	۳۰/۲۶ij	۶۵/۳۳b	۳/۰۹abc	۱۵۳/۴۲bc	۶۲/۲۹ab	۱/۵۰bc
		۲۵	۴۳/۳۸ab	۳۳/۷۸a-d	۶۲/۵۸ghi	۲/۷۸ghi	۱۳۴/۱۶ijk	۵۷/۷۴g-j	۱/۴۲fgh
سال دوم	کشت خالص لاکی	۲۰	۴۰/۴۶def	۳۱/۴۲gh	۶۴/۴۲c	۲/۹۷de	۱۴۴/۷۵def	۶۰/۷۹cd	۱/۴۷d
		۲۵	۴۴/۱۹a	۳۴/۸۸a	۶۱/۷۳j	۲/۷۲i	۱۲۹/۹۳k	۵۶/۲۳k	۱/۳۸k
	کشت خالص ایرانی	۲۰	۳۸/۷۷gh	۳۰/۴۹hi	۶۵/۱۵b	۳/۱۰abc	۱۵۶/۴۹ab	۶۱/۹۸bc	۱/۵۰c
		۲۵	۴۱/۹۴bcd	۳۳/۹۷abc	۶۲/۴۳g-j	۲/۸۶e-h	۱۳۸/۴۷f-j	۵۷/۴۹h-k	۱/۴۱g-j
	۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی	۲۰	۳۹/۱۹fgh	۲۹/۹۶ij	۶۵/۵۶ab	۳/۰۶bcd	۱۵۵/۵۹b	۶۲/۶۷ab	۱/۵۱abc
		۲۵	۴۳/۳۰ab	۳۳/۲۱b-e	۶۳/۶۲def	۲/۸۰ghi	۱۳۵/۴۲h-k	۵۸/۴۷f-i	۱/۴۳fgh
	۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی	۲۰	۳۷/۸۸h	۲۹/۲۹j	۶۶/۰۸a	۳/۱۶a	۱۶۲/۲۴a	۶۳/۵۴a	۱/۵۲ab
		۲۵	۴۱/۱۴de	۳۱/۸۱fg	۶۴/۱۲cde	۲/۹۲ef	۱۴۴/۹۶def	۶۰/۲۸de	۱/۴۶de
	۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی	۲۰	۴۱/۶۶cd	۳۳/۱۸b-e	۶۳/۰۵fg	۲/۸۸efg	۱۴۰/۷۵f-i	۵۸/۵۲f-i	۱/۴۳fgh
		۲۵	۴۰/۴۵def	۳۳/۳۰b-e	۶۲/۹۶fgh	۲/۹۷de	۱۴۸/۲۴cde	۵۸/۳۶f-i	۱/۴۳fgh

حروف متفاوت در هر ستون به مفهوم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون دانکن می‌باشد.

۴. ۵. قابلیت هضم ماده خشک

نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال اول و دوم با قابلیت هضم ماده خشک به‌ترتیب ۶۶/۱۱ و ۶۶/۰۸ درصدی در بالاترین گروه آماری قرار گرفت و به‌عنوان تیمار برتر از نظر کیفی شناسایی شد (جدول ۳). علاوه بر این، نظام کشت مخلوط ۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم با قابلیت هضم ماده خشک ۶۵/۵۶ درصدی نیز در گروه آماری برتر قرار گرفت، هرچند در سال اول برتری معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). در اکثر نظام‌های کشت موردبررسی، قابلیت هضم ماده خشک با افزایش تراکم کاشت، کاهش یافت. نظام کشت خالص شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار در سال دوم و اول با قابلیت هضم ماده خشک به‌ترتیب ۶۱/۷۳ و ۶۱/۸۱ درصدی در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفت و حداقل کیفیت علوفه را نشان داد. علاوه‌براین، نظام‌های کشت خالص شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال اول و هم‌چنین کشت خالص ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار طی سال اول و دوم با قابلیت هضم ماده خشک به‌ترتیب ۶۱/۸۱، ۶۲/۴۲ و ۶۲/۴۳ درصدی نیز در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳).

۴. ۶. میزان کل مواد مغذی قابل هضم و ماده خشک مصرفی

نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال اول و دوم با میزان کل مواد مغذی قابل هضم به‌ترتیب ۶۳/۵۷ و ۶۳/۵۴ درصدی و میزان ماده خشک مصرفی به‌ترتیب ۳/۱۷ و ۳/۱۶ درصدی در بالاترین گروه آماری قرار گرفت و به‌عنوان تیمار برتر از نظر کیفی شناسایی شد (جدول ۳). علاوه بر این، نظام‌های کشت مخلوط ۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم و هم‌چنین کشت مخلوط ۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال اول با میزان کل مواد مغذی قابل هضم به‌ترتیب ۶۲/۶۷ و ۶۲/۲۹ درصدی نیز در گروه آماری برتر قرار گرفتند. نظام‌های کشت خالص ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم و هم‌چنین کشت مخلوط ۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال اول نیز با میزان ماده خشک مصرفی به‌ترتیب ۳/۱۰ و ۳/۰۹ درصدی در گروه آماری برتر قرار گرفتند. در اکثر نظام‌های کشت موردبررسی، میزان کل مواد مغذی قابل هضم و ماده خشک مصرفی با افزایش تراکم کاشت، کاهش یافت (جدول ۳). نظام کشت خالص شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم و اول با میزان کل مواد مغذی قابل هضم به‌ترتیب ۵۶/۲۳ و ۵۶/۳۲ درصدی و ماده خشک مصرفی به‌ترتیب ۲/۷۲ و ۲/۷۶ درصدی در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفت و حداقل کیفیت علوفه را نشان داد (جدول ۳).

۴. ۷. ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی خالص شیردهی

نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال اول و دوم با ارزش نسبی تغذیه‌ای به‌ترتیب ۱۶۲/۴۶ و ۱۶۲/۲۴ درصدی و انرژی خالص شیردهی به‌ترتیب ۱/۵۳ و ۱/۵۲ مگاکالری در کیلوگرم در بالاترین گروه آماری قرار گرفت و به‌عنوان تیمار برتر از نظر کیفی شناسایی شد (جدول ۳). علاوه بر این، نظام‌های کشت خالص ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم با ارزش نسبی تغذیه‌ای ۱۵۶/۴۹ درصدی و کشت مخلوط ۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم با انرژی خالص شیردهی ۱/۵۱ مگاکالری در کیلوگرم نیز در گروه آماری برتر قرار گرفتند و کیفیت علوفه مطلوبی را نشان دادند. در اکثر نظام‌های کشت موردبررسی، ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی خالص شیردهی با افزایش تراکم کاشت،

کاهش یافت (جدول ۳). نظام کشت خالص شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم و اول با ارزش نسبی تغذیه‌ای به‌ترتیب ۱۲۹/۹۳ و ۱۳۲/۲۲ درصدی و انرژی خالص شیردهی به‌ترتیب ۱/۳۸ و ۱/۳۹ درصدی در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفت و از کم‌ترین ارزش غذایی برخوردار بود (جدول ۳).

۴. ۸. ارتفاع بوته و عملکرد علوفه شبدر ایرانی

نظام‌های کشت خالص شبدر ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم و کشت خالص شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار طی سال اول با ارتفاع بوته به‌ترتیب ۵۸/۶۷ و ۵۲/۴۰ سانتی‌متری در گروه آماری برتر قرار گرفتند (جدول ۴). در تمام نظام‌های کشت مخلوط موردبررسی، میزان بذر مصرفی اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت، درحالی‌که در کشت خالص شبدر لاکی و ایرانی طی سال دوم با افزایش تراکم کاشت، ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نظام کشت مخلوط ۷۵ درصد شبدر ایرانی+ ۲۵ درصد شبدر لاکی در تراکم کاشت ۲۵ کیلوگرم در هکتار در سال اول با ۳۵/۳۰ سانتی‌متر، کم‌ترین ارتفاع بوته را نشان داد (جدول ۴). با افزایش درصد شبدر ایرانی و کاهش درصد شبدر لاکی در نظام‌های کشت موردبررسی، عملکرد علوفه خشک شبدر ایرانی افزایش یافت. نظام کشت خالص شبدر ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم با عملکرد علوفه خشک ۴/۱۳ تن در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفت. در سال اول آزمایش نیز نظام کشت خالص شبدر ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار با تولید به‌ترتیب ۳/۲۵ و ۳/۳۳ تن علوفه خشک در هکتار در گروه آماری برتر رتبه‌بندی شد. بدون درنظرگرفتن کشت خالص شبدر لاکی، نظام کشت مخلوط ۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار طی سال دوم کم‌ترین عملکرد علوفه خشک شبدر ایرانی (معادل ۱/۷۳ تن در هکتار) را تولید کرد، هرچند با سایر نظام‌های کشت مخلوط طی هر دو سال تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نداشت (جدول ۴).

جدول ٤. مقایسه میانگین اثر متقابل سال× نظام کشت× تراکم کاشت بر ارتفاع بوته و عملکرد علوفه شبدر

سال	تیمار آزمایشی: نظام کشت	تیمار آزمایشی: تراکم کاشت	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه خشک شبدر ایرانی (تن در هکتار)
سال اول	کشت خالص لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۵۲/۴۰a	–
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۴۹/۱۳c	–
	کشت خالص ایرانی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۳۶/۳۳fg	۳/۲۵ab
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۳۸/۴۰fg	۳/۳۳ab
	۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۳۸/۱۷fg	۲/۸۲bc
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۳۵/۳۰g	۲/۶۲bc
	۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۴۱/۷۳d-g	۲/۷۴bc
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۳۶/۷۹fg	۲/۰۹c
	۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۴۳/۶۰cd	۲/۰۲c
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۴۳/۱۷d-f	۲/۴۰bc
سال دوم	کشت خالص لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۳۸/۶۷fg	–
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۵۰/۰۰c	–
	کشت خالص ایرانی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۴۵/۸۳cd	۲/۵۹bc
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۵۸/۶۷a	۴/۱۳a
	۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۴۳/۹۰cd	۱/۹۸c
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۴۹/۵۰c	۲/۰۰c
	۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۴۹/۰۰c	۲/۴۱bc
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۴۸/۶۷cd	۱/۹۵c
	۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۴۷/۰۰cd	۱/۹۰c
		۲۵ کیلوگرم در هکتار	۴۶/۱۳cd	۱/۷۳c

حروف متفاوت در هر ستون به مفهوم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون دانکن می‌باشد.

۴. ۹. عملکرد علوفه خشک کل

نظام‌های کشت خالص شبدر لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار و هم‌چنین کشت خالص شبدر ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار با مجموع عملکرد علوفه خشک به‌ترتیب ۴/۲۴، ۳/۹۳ و ۳/۷۳ تن در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفتند (جدول ۵). اثر میزان بذر مصرفی بر عملکرد علوفه خشک کل در اکثر نظام‌های کشت موردبررسی غیرمعنی‌دار بود و فقط در نظام کشت خالص شبدر ایرانی، افزایش تراکم کاشت منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه شد. کم‌ترین عملکرد علوفه خشک کل معادل ۲/۷۱ تن در هکتار در نظام کشت ۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار ثبت گردید، هرچند با عملکرد علوفه نظام کشت ۷۵ درصد ایرانی+ ۲۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار (۲/۷۳ تن در هکتار)، کشت مخلوط ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب ۲/۸۱ و ۳/۲۹ تن در هکتار)، کشت مخلوط ۲۵ درصد ایرانی+ ۷۵ درصد لاکی با میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار (۳/۲۹ تن در هکتار) و کشت خالص شبدر ایرانی با میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار (۲/۹۲ تن در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت. هم‌چنین نتایج نشان داد که شبدر لاکی در قیاس با شبدر ایرانی نقش بیش‌تری در تعیین عملکرد علوفه خشک کل داشت و با افزایش درصد شبدر لاکی در نظام‌های کشت مخلوط، عملکرد علوفه کل نیز افزایش یافت (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل نظام کشت× تراکم کاشت بر عملکرد علوفه خشک کل

تیمار		عملکرد علوفه خشک کل
نظام کشت	تراکم کشت	(تن در هکتار)
کشت خالص لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۳/۹۳ab
	۲۵ کیلوگرم در هکتار	۴/۲۴a
کشت خالص ایرانی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۲/۹۲de
	۲۵ کیلوگرم در هکتار	۳/۷۳abc
۷۵ درصد ایرانی+۲۵ درصد لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۲/۷۱e
	۲۵ کیلوگرم در هکتار	۲/۷۳de
۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۳/۲۹cde
	۲۵ کیلوگرم در هکتار	۲/۸۱de
۲۵ درصد ایرانی+۷۵ درصد لاکی	۲۰ کیلوگرم در هکتار	۳/۳۶bcd
	۲۵ کیلوگرم در هکتار	۳/۲۹cde

حروف متفاوت در هر ستون به مفهوم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون دانکن می‌باشد.

۵. بحث

بیش‌تربودن عملکرد و کیفیت علوفه در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم با بالاتربودن میزان بارندگی و میانگین دما در سال اول مرتبط می‌باشد. مقادیر جزیی بارش می‌تواند اثرات منفی تنش خشکی را در مراحل رشد حساس گیاه تعدیل کند و بالاتربودن بارش از این طریق سبب بهبود عملکرد و خصوصیات کیفی علوفه از جمله محتوای پروتئین خام و کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه شبدر در سال اول شده است (حیدرزاده و همکاران، ۲۰۲۳). یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که برای دستیابی به حداکثر عملکرد علوفه خشک، کشت خالص شبدر لاکی با مصرف ۲۵ کیلوگرم بذر در هکتار مناسب‌ترین گزینه است که با نتایج بختیاری و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد. با این‌حال، از نظر کیفیت و ارزش غذایی علوفه، کشت مخلوط ۵۰ درصد شبدر ایرانی و ۵۰ درصد شبدر لاکی با مصرف ۲۰ کیلوگرم بذر در هکتار برتری داشت. عاشوری و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که کشت مخلوط شبدر با سورگوم در قیاس با تک‌کشتی باعث

افزایش محتوای پروتئین خام، کربوهیدرات‌های محلول در آب، قابلیت هضم ماده خشک، انرژی خالص برای شیردهی، ارزش نسبی تغذیه‌ای و کل مواد مغذی قابل هضم علوفه می‌شود و هم‌چنین میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی و خنثی را کاهش می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که انتخاب نظام کشت باید براساس اهداف و اولویت‌های کشاورزان صورت گیرد (بالازاده و همکاران، ۲۰۲۱). اگر هدف تنها افزایش عملکرد علوفه خشک باشد، کشت خالص شبدر لاکی گزینه مناسب‌تری است، اما اگر کیفیت و ارزش غذایی علوفه از اهمیت بیش‌تری برخوردار باشد، کشت مخلوط شبدر ایرانی و شبدر لاکی ترجیح داده می‌شود.

یکی از دلایل افزایش کیفیت علوفه در نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد شبدر ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی نسبت به شرایط تک‌کشتی می‌تواند افزایش تنوع گونه‌ای در سیستم کشت مخلوط باشد که باعث استفاده بهینه‌تر از منابع محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی خاک می‌شود (بغدادی و همکاران، ۲۰۲۳). گونه‌های مختلف از سیستم‌های ریشه‌ای و اندام‌های هوایی متفاوتی برخوردارند و این امر کاهش رقابت درون‌گونه‌ای را به‌همراه دارد (عاشوری و همکاران، ۲۰۲۱). در نتیجه، گیاهان می‌توانند از منابع موجود به‌نحو مؤثرتری بهره‌مند شوند و رشد بهتری داشته باشند. هم‌چنین در کشت مخلوط تنوع بیوشیمیایی و مواد شیمیایی گیاهی وجود دارد که می‌تواند منجر به افزایش پروتئین خام، کربوهیدرات‌های محلول و سایر ترکیبات با ارزش غذایی شود. هم‌چنین، ترکیب مناسب گونه‌ها می‌تواند باعث کاهش میزان الیاف نامحلول و در نتیجه افزایش قابلیت هضم علوفه گردد (بختیاری و همکاران، ۲۰۲۰). با کاهش محتوی ADF، میزان TDN افزایش می‌یابد که توانایی حیوانات در استفاده از مواد مغذی موجود در علوفه را بهبود می‌بخشد (حیدرزاده و همکاران، ۲۰۲۳). در کشت مخلوط، روابط همزیستی مانند تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط باکتری‌های ریزوبیوم در ریشه‌های گیاهان تیره بقولات تقویت می‌شود که به تأمین نیتروژن برای رشد گیاه کمک می‌کند (زمانیان و همکاران، ۱۴۰۲). در واقع با تأمین عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه طی فصل رشد، شرایط مناسب برای رشدونمو گیاه از طریق حفظ مسیر فتوسنتزی گیاه سبب افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب در تراکم‌های مختلف کشت شده است. در نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی سوبسترای بیش‌تری برای سنتز قند فراهم می‌شود و مواد فتوسنتزی بیش‌تری به ساخت کربوهیدرات‌ها اختصاص داده می‌شود (بالازاده و همکاران، ۲۰۲۱)، که می‌تواند افزایش کربوهیدرات‌های محلول در علوفه شبدر در نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی را توجیه کند.

مقادیر بالای NDF و ADF در نظام کشت خالص شبدر لاکی در تراکم کاشت ۲۵ کیلوگرم در هکتار با پایین‌بودن RFV علوفه آن مرتبط می‌باشد. در بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، نظام کشت ۵۰ درصد ایرانی+ ۵۰ درصد لاکی بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش میزان RFV در تراکم مختلف کشت داشته است. افزایش RFV علوفه شبدر از افزایش DMI و DMD آن به‌دلیل بهرمندی مطلوب برای نور و مواد غذایی ناشی می‌شود. با توجه به این‌که بالابودن DMI و DMD به سبب پایین‌بودن NDF و ADF علوفه است و با توجه به کاهش معنی‌دار این شاخص‌ها در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، افزایش RFV علوفه شبدر قابل انتظار است (جهانزاد و همکاران، ۲۰۱۳). میزان خاکستر علوفه در سال اول و دوم به‌ترتیب ۶/۳۷ و۵/۸۱ درصد بود و علت افزایش خاکستر علوفه در سال اول کشت نسبت به سال دوم این است که عدم وجود رقابت بین گونه‌ای باعث بهره‌گیری بهتر از عناصر غذایی و منابع به‌ویژه نور و بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه شده و هر چه ریشه گیاه گسترش بیش‌تری داشته باشد، جذب مواد معدنی نیز بیش‌تر خواهد شد و گیاه علاوه بر تولید مواد آلی، مقدار بیش‌تری از مواد معدنی را نیز در خود ذخیره می‌کند (پورعلی و همکاران، ۲۰۲۳).

در تراکم بالا با توجه به عدم تخریب نوری اکسین در سایه‌اندازی گیاهی، ارتفاع بوته افزایش می‌یابد (راد[1] و

1. Rad

همکاران، ۲۰۲۰). عدم افزایش ارتفاع بوته در تراکم‌های بسیار زیاد، احتمالا به‌دلیل محدودیت مواد فتوسنتزی، آب و یا عناصر معدنی جهت رشد نیز می‌باشد (محفوظ[1] و همکاران، ۲۰۱۹). در تراکم پایین‌تر، فاصله بین بوته‌ها بیش‌تر بوده و هر بوته دسترسی بیش‌تری به نور، آب و مواد غذایی دارد. در چنین شرایطی، رقابت درون گونه‌ای برای منابع محدودتر است. افزایش دسترسی به نور باعث می‌شود که بوته‌ها بتوانند مواد آلی بیش‌تری تولید کنند. این امر منجر به افزایش محتوای پروتئین خام، کربوهیدرات‌های محلول و سایر ترکیبات با ارزش غذایی در علوفه می‌شود (بختیاری و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، در تراکم پایین‌تر، رشد رویشی گیاه کندتر است و در نتیجه، گیاه زمان بیش‌تری برای توسعه اندام‌های رویشی مانند برگ‌ها دارد. برگ‌ها منبع اصلی پروتئین و کربوهیدرات‌های محلول در علوفه هستند، بنابراین افزایش تولید برگ می‌تواند به افزایش کیفیت علوفه کمک کند (قلخانی[2] و همکاران، ۲۰۲۳). البته در تراکم بالاتر، تعداد کل بوته‌ها و در نتیجه تعداد شاخه‌های تولیدشده در واحد سطح افزایش یابد. هرچند هر بوته به‌دلیل رقابت بیش‌تر برای منابع، رشد کم‌تری خواهد داشت، اما تعداد زیاد بوته‌ها این کاهش رشد را جبران می‌کنند و در نهایت منجر به افزایش تولید علوفه می‌شوند (پورعلی و همکاران، ۲۰۲۳). در تراکم بالاتر، شاخص سطح برگ نیز بیش‌تر خواهد بود که به معنای ظرفیت فتوسنتزی بالاتر و تولید ماده خشک بیش‌تر و در نتیجه، عملکرد علوفه بالاتر است (بختیاری و همکاران، ۲۰۲۰). هم‌چنین در تراکم بالاتر، پوشش گیاهی متراکم‌تری ایجاد می‌شود که باعث سایه‌اندازی و کنترل بهتر علف‌های هرز می‌گردد. این امر از اتلاف منابع محیطی مانند آب، نور و مواد غذایی جلوگیری می‌کند و در نتیجه عملکرد علوفه را افزایش می‌دهد (نظری و همکاران، ۲۰۱۷). به‌نظر می‌رسد کاهش عملکرد شبدر لاکی در نظام‌های کشت مخلوط به‌دلیل غالبیت شبدر ایرانی، کاهش مصرف منابع محیطی از قبیل تشعشات خورشیدی، آب و مواد غذایی و افزایش رشد و بیوماس علف‌های هرز و سایه‌اندازی این گیاه روی شبدر لاکی باشد که باعث کاهش رشدونمو و توسعه سطح برگ و فتوسنتز گردید (بختیاری و همکاران، ۲۰۲۰). پژوهش‌ها نشان داد که عملکرد علوفه شبدر در نظام کشت مخلوط به‌دلیل افزایش رقابت برون‌گونه‌ای نسبت به کشت خالص کاهش یافت (عاشوری و همکاران، ۲۰۲۱؛ پورعلی و همکاران، ۲۰۲۳)؛ هم‌چنین، بیش‌ترین عملکرد شبدر لاکی نیز از تک‌کشتی آن حاصل شد (جدول ۲). کاهش عملکرد در نظام کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی به‌طور عمده می‌تواند در نتیجه تراکم کم‌تر گیاهان در واحد سطح در نسبت‌های کشت مخلوط باشد (جلیلیان و همکاران، ۲۰۱۷.، دلفانی و همکاران، ۲۰۲۲).

مطالعه حاضر نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه در کشت خالص شبدر لاکی حاصل شد. در کشت خالص، تمام منابع در اختیار یک گونه خاص قرار می‌گیرد و دیگر نیازی به رقابت با گونه‌های دیگر نیست. بنابراین، گیاهان قادر خواهند بود تمام توان رشدی خود را بدون محدودیت منابع به‌کار گیرند. تحت این شرایط هر بوته، از منابع در دسترس بیش‌ترین بهره‌برداری را کرده که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در واحد سطح باشد (جلیلیان و همکاران، ۲۰۱۷). نتایج یک مطالعه نشان داد که عملکرد علوفه شبدر در کشت مخلوط با جو به‌دلیل سایه اندازی گیاه همراه کاهش یافت (رادی[3] و همکاران، ۲۰۲۲). در مطالعه دیگری مشاهده شد که در کشت مخلوط عملکرد علوفه در مقایسه با کشت خالص به‌دلیل رقابت بر سر جذب منابع و به‌طورعمده نور، به میزان زیادی کاهش یافت (رادی و همکاران، ۲۰۲۲؛ خوی و همکاران، ۲۰۲۲). چنین به‌نظر می‌رسد که عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای در کشت خالص شبدر ایرانی به‌عنوان گیاه غالب باعث بهره‌گیری بهتر از عناصر غذایی و منابع به‌ویژه نور شده و در نتیجه میزان شاخص سطح برگ و فتوسنتز و به تبع آن عملکرد علوفه در کشت خالص نسبت به تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایش

1. Mahfouz
2. Ghalkhani
3. Rady

یافته است (پورعلی و همکاران، ۲۰۲۳). افزایش عملکرد علوفه کل در نسبت‌های اختلاط ۷۵ درصد شبدر ایرانی+ ۲۵ درصد شبدر لاکی به‌طور عمده ناشی از افزایش عملکرد شبدر ایرانی در کشت مخلوط نسبت به مقدار پیش‌بینی شده است. لگوم‌ها با سازگاری زیاد در نظام‌های مختلف کشت و توانایی تثبیت نیتروژن جوی در افزایش پایداری سیستم کشت و بهبود عملکرد مؤثر هستند (پورعلی و همکاران، ۲۰۲۳)؛ هم‌چنین کشت بقولات باعث کاهش فشار علف‌های هرز می‌شود (سو هتت[1] و همکاران، ۲۰۲۱). حیدرزاده و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش کردند که ثبات عملکرد در بقولات وابستگی شدیدی به شرایط آب‌وهوایی در دوره‌های بحرانی رشد گیاه دارد. به‌نظر می‌رسد فراهمی رطوبت سبب ماندگاری بیش‌تر گیاه و ثبات عملکرد علوفه در سال اول تحقیق شده باشد. درحالی‌که در شرایط تنش رطوبتی تلفات گیاهی افزایش یافته و منجر به کاهش عملکرد علوفه می‌شود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این مطالعه نشان داد که کشت مخلوط ۵۰ درصد شبدر ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی با تراکم ۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش مواد مغذی قابل هضم، ارزش نسبی تغذیه‌ای، انرژی ویژه شیردهی و ماده خشک مصرفی شبدر شد، درحالی‌که بالاترین عملکرد علوفه در نظام کشت خالص شبدر لاکی با تراکم کاشت ۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. به‌طور کلی نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد شبدر ایرانی+ ۵۰ درصد شبدر لاکی با تراکم ۲۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به دو کشت مخلوط دیگر پتانسیل بالاتری برای تولید علوفه داشت. با توجه به نتایج این آزمایش، برای رسیدن به حداکثر عملکرد علوفه شبدر، کشت خالص گونه لاکی با مصرف ۲۵ کیلوگرم بذر در هر هکتار نسبت به سایر تیمارها مناسب‌تر بود. از سوی دیگر، برای دستیابی به بالاترین ارزش غذایی علوفه، کشت مخلوط شبدر ایرانی و لاکی، هر یک با سهم ۵۰ درصدی و با مصرف ۲۰ کیلوگرم بذر در هر هکتار، مناسب‌ترین گزینه است. این ترکیب گونه‌ای باعث افزایش تنوع بیوشیمیایی و ارتقای کیفیت علوفه از نظر میزان پروتئین، کربوهیدرات‌های محلول و سایر ترکیبات با ارزش غذایی می‌گردد. در شرایط کنونی که کیفیت علوفه نقشی در تعیین قیمت خرید آن ندارد، کشت خالص شبدر لاکی برای کشاورزان از نظر اقتصادی سودمندتر خواهد بود، زیرا عملکرد بالاتری را به‌همراه دارد. با این‌حال، کیفیت برتر علوفه در کشت مخلوط شبدر ایرانی و لاکی می‌تواند برای کشاورز–دامداران که هم تولیدکننده علوفه و هم مصرف‌کننده آن هستند، راه‌گشا باشد. چرا که این امر منجر به افزایش راندمان تولید محصولات لبنی از طریق بهبود ارزش غذایی جیره دام می‌گردد. بنابراین، انتخاب نوع کشت باید براساس اهداف و اولویت‌های تولیدی صورت گیرد. کشت خالص برای حداکثرسازی عملکرد مناسب است، درحالی‌که کشت مخلوط می‌تواند از لحاظ کیفی و ارزش غذایی علوفه، مزیت داشته باشد.

۷. تشکر و قدردانی

از حمایت‌های مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در اجرای این پروژه تحقیقاتی با کد مصوب ۹۹۰۶۳۶- ۰۶۱- ۰۳- ۰۳- ۰، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

1. Soe Htet

۹. منابع

زمانیان، محمد؛ اکبری‌راد، محمد؛ عباسی، محمدرضا؛ مهرانی، اردلان؛ مقدم، علی و طریفی‌نیا، ناصر (۱۳۹۱). البرز۱، رقم جدید شبدر لاکی مناسب نظام‌های زراعی مبتنی بر کشت شبدر. *یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی*، ۱(۲)، ۱۱۵-۱۰۷.

زمانیان، محمد؛ گل‌زردی، فرید؛ ماهرخ، علی؛ عزیزی، فرهاد؛ ترابی، مسعود؛ قطبی، ویدا؛ مفیدیان، محمدعلی؛ رهجو، وحید و سلطانی، الیاس (۱۴۰۲). فراتحلیل عوامل زراعی محدودکننده تولید علوفه شبدر در ایران. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵(۲)، ۴۵۱-۴۶۷.

جوانمرد، عبدالله؛ امانی ماچیانی، مصطفی و اسکندری، حمدالله (۱۳۹۸). ارزیابی کمی و کیفی علوفه در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط دیم مراغه. *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۱(۲)، ۴۳۵-۴۲۵.

نوربخشیان، سید جلیل (۱۳۹۴). تأثیرتاریخ‌های کاشت و مقادیر مختلف بذر بر عملکرد علوفه شبدر برسیم در نظام کشت دوم در منطقه شهرکرد. *پژوهش‌های کاربردی زراعی*، ۲۸، ۲۰۰-۲۰۷.

Reference

Armstrong, K.L., & Albrecht, K.A. (2008). Effect of plant density on forage yield and quality of intercropped corn and lablab bean. *Crop Science*, *48*(2), 814-822.

Ashoori, N., Abdi, M., Golzardi, F., Ajalli, J., & Ilkaee, M.N. (2021). Forage potential of sorghum-clover intercropping systems in semi-arid conditions. *Bragantia*, *80*, e1421.

Astuti, D., Suhartanto, B., Umami, N., & Irawan, A. (2020). Effect of density between intercropped sorghum and stylosanthes on biomass production and quality under varying NPK fertilizer application rates. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, *23*, 197-205.

Bacchi, M., Monti, M., Calvi, A., Lo Presti, E., Pellicanò, A., & Preiti, G. (2021). Forage potential of cereal/legume intercrops: Agronomic performances, yield, quality forage and LER in two harvesting times in a Mediterranean environment. *Agronomy*, *11*(1), p.121.

Baghdadi, A., Golzardi, F., & Hashemi, M. (2023). The use of alternative irrigation and cropping systems in forage production may alleviate the water scarcity in semi-arid regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *103*(10), 5050-5060.

Bakhtiyari, F., Zamanian, M., & Golzardi, F. (2020). Effect of mixed intercropping of clover on forage yield and quality. *South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, *11*(1), 49-65.

Balazadeh, M., Zamanian, M., Golzardi, F., & 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), 1927-1942.

Carmi, A., Aharoni, Y., Edelstein, M., Umiel, N., Hagiladi, A., Yosef, E., Nikbachat, M., Zenou, A., & Miron, J. (2006). Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. *Animal Feed Science and Technology*, *131*(1-2), 121-133.

Delfani, M., Akbari, M., Vafa, P., MalekMaleki, F., & Masoumi, A. (2022). The effect of plant density and supplementary irrigation on nutritional value of two safflower (*Carthamus tincturius* L.) forage crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *53*(11), 1355-1378.

Ferraz-Almeida, R., Albuquerque, C.J.B., Camargo, R., Lemes, E.M., Soares de Faria, R., & Quintão Lana, R.M. (2022). Sorghum–grass intercropping systems under varying planting densities in a semi-arid region: Focusing on soil carbon and grain yield in the conservation systems. *Agriculture*, *12*(11), p.1762.

Ghalkhani, A., Golzardi, F., Khazaei, A., Mahrokh, A., Illés, Á., Bojtor, C., Mousavi, S. M. N., & Széles, A. (2023). Irrigation management strategies to enhance forage yield, feed value, and water-use efficiency of sorghum cultivars. *Plants*, *12*(11), 2154.

Heydarzadeh, S., Jalilian, J., Pirzad, A., & Jamei, R. (2023). Impact of bio-fertilizers under supplementary irrigation and rain-fed conditions on some physiological responses and forage quality of smooth vetch (*Vicia dasycarpa*). *Journal of Agricultural Science*, *29*(3), 777-787.

Heydarzadeh, S., Jalilian, J., Pirzad, A., Jamei, R., & Petrussa, E. (2022). Fodder value and physiological aspects of rainfed smooth vetch affected by biofertilizers and supplementary irrigation in an agri-silviculture system. *Agroforest Systms*, *96*(1), 221-232.

Horrocks, R. D., & Vallentine, J. F. (1999). Harvested Forages. Academic Press, London, UK.

Ibrahim, A. T. I. S., & Acikalin, S. (2020). Yield, quality and competition properties of grass pea and wheat grown as pure and binary mixture in different plant densities. *Turkish Journal of Field Crops*, *25*(1), 18-25.

Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A., & Walsh, E. J. (2003). A note on estimation of quality parameters in perennial ryegrass by near infrared reflectance spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, *42(2)*, 293-299.

Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M. R., & Dashtaki, M. (2013). Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural Water Management*, *117*, 62-69.

Jalilian, J., Najafabadi, A., & Zardashti, M. R. (2017). Intercropping patterns and different farming systems affect the yield and yield components of safflower and bitter vetch. *Journal of Plant Interactions*, *12*(1), 92-99.

Javanmard, A., Amani Machiani, M., & Eskandari, H. (2019). Evaluation of forage quantity and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) intercropping system in Maragheh rainfed conditions. *Journal of Agroecology*, *11*(2), 435-452. (In Persian).

Mahfouz, H., Megawer, E. A., Maher, A., & Shaaban, A. (2019). Integrated effect of planting dates and irrigation regimes on morpho-physiological response, forage yield and quality, and water use efficiency of clitoria (*Clitoria ternatea* L.) in arid region. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *66*(2), 152-167.

Mu, L., Su, K., Zhou, T., & Yang, H. (2023). Yield performance, land and water use, economic profit of irrigated spring wheat/alfalfa intercropping in the inland arid area of northwestern China. *Field Crops Research*, *303*, 109116.

Nazari, S., Aboutalebian, M.A., & Golzardi, F. (2017). Seed priming improves seedling emergence time, root characteristics and yield of canola in the conditions of late sowing. *Agronomy Research*, *15*(2), 501-514.

Noorbakhshian, S. J. (2013). Effect of planting dates and different rates of seed on forage yield of berseem clover in double cropping system in Shahrekord region. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, *107*, 200-207. (In Persian).

Pourali, S., Aghayari, F., Ardakani, M. R., Paknejad, F., & Golzardi, F. (2023). Benefits from intercropped forage sorghum–red clover under drought stress conditions. *Gesunde Pflanzen*, *75*(5), 1769-1780.

Rad, S. V., Valadabadi, S. A. R., Pouryousef, M., Saifzadeh, S., Zakrin, H. R., & Mastinu, A. (2020). Quantitative and qualitative evaluation of *Sorghum bicolor* L. under intercropping with legumes and different weed control methods. *Horticulturae*, *6*(4), 78.

Rady, A. M., Attia, M. F., Kholif, A. E., Sallam, S. M., & 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.

Rao, M.R., & Willey, R.W. (1980). Evaluation of yield stability in intercropping: studies on sorghum/Pigeonpea. *Experimental Agriculture*, *16*(2), 105-116.

Rezaei-Chiyaneh, E., Amani Machiani, M., Javanmard, A., Mahdavikia, H., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2021). Vermicompost application in different intercropping patterns improves the mineral nutrient uptake and essential oil compositions of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *21*, 450-466.

Salama, H. S. A. (2019). Yield and nutritive value of maize (*Zea mays* L.) forage as affected by plant density, sowing date and age at harvest. *Italian Journal of Agronomy*, *14*(2), 114-122.

Soe Htet, M. N., Hai, J. B., Bo, P. T., Gong, X.W., Liu, C. J., Dang, K., Tian, L. X., Soomro, R. N., Aung, K. L., & Feng, B. L. (2021). Evaluation of nutritive values through comparison of forage yield and silage quality of mono-cropped and intercropped maize-soybean harvested at two maturity stages. *Agriculture*, *11*(5), 452.

Umesh, M. R., Angadi, S., Begna, S., & Gowda, P. (2022). Planting density and geometry effect on canopy development, forage yield and nutritive value of sorghum and annual legumes intercropping. *Sustainability*, *14*(8), 4517.

Xu, R., Zhao, H., Liu, G., You, Y., Ma, L., Liu, N., & Zhang, Y. (2021). Effects of nitrogen and maize plant density on forage yield and nitrogen uptake in an alfalfa–silage maize relay intercropping system in the North China Plain. *Field Crops Research*, *263*, 108068.

Xu, R., Zhao, H., You, Y., Wu, R., Liu, G., Sun, Z., & Zhang, Y. (2022). Effects of intercropping, nitrogen fertilization and corn plant density on yield, crude protein accumulation and ensiling characteristics of silage corn interseeded into alfalfa stand. *Agriculture*, *12*(3), 357.

Zamanian, M., Akbari Rad, M., Abbasi, M. R., Mehrani, A., Moghadam, A., Zarifinia, N., Chabook, K., Torabi, M., & Taleb Nejad, A.R. (2012). Alborz-1, a new cultivar of crimson clover suitable of cropping systems based on clover planting. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, *1*(2), 107-115. (In Persian).

Zamanian, M., Golzardi, F., Mahrokh, A., Azizi, F., Torabi, M., Ghotbi, V., Mofidian, M. A., Rahjoo, V., & Soltani, E. (2023). Meta-analysis of agronomic factors limiting clover forage production in Iran. *Journal of Crops Improvement*, *25*(2), 451-467. (In Persian).