University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

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

The Comparison of Qualitative and Quantitative Yield and Economic Indices of Forage Crops as a Second Crop in Rotation after Rice

Mohammad Rabiee [1] ✉ | Maryam Hosseini Chaleshtori [2] | Sajjad Shaker Kouhi [3] | Ebrahim Akbarzadeh [4]

1. Corresponding Author, Department of Seed Improvement, Rice Research Institute, Rasht, Iran. Email: m.rabiee@areeo.ac.ir
2. Department of Seed Improvement, Rice Research Institute, Rasht, Iran. Email: m.hosseini@areeo.ac.ir
3. Department of Seed Improvement, Rice Research Institute, Rasht, Iran. Email: s.shaker@areeo.ac.ir
4. Agricultural Jihad Organization of Guilan Province, Rasht, Iran. Email: mod.zeraat@jkgc.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: November 05, 2025
Revised: December 01, 2025
Accepted: December 17, 2025

Keywords:
Berseem clover,
forage pea,
intercropping,
triticale,
vetch.

Extended Abstract

Introduction. Rice is the staple food of the Iranian people and plays an important role in national food security. With shrinking arable land, dwindling water resources, and declining rural labor, sustainability of rice production has become paramount. Despite having a high potential for paddy fields in Guilan Province, unfortunately, most of these paddy fields are left unused for about seven months after rice harvesting. The occurrence of fertile soils, long growing season, favorable environmental conditions from the rice harvest until its planting in the next year, are significant advantages making these paddy fields a good candidate for second crop. The rice–forage crops system, in which rice is planted as a summer crop and forage crops as a winter crop, is considered a sustainable system with various advantages. The development of forage crops as a second crop after rice harvest in paddy fields can be an effective strategy to provide fodder for livestock, increase land productivity, sustainability of rice production, increase paddy farmers' income, and thus prevent migration of villagers. Therefore, the main objective of the present study was to examine qualitative and quantitative yield and economic indices of forage crops as a second crop in rotation after rice.

Materials and Methods. This study was conducted based on a randomized complete block design with three replications at research fields of Rice Research Institute of Iran in Rasht during two cropping seasons of 2023-2025. The experimental treatments included eight forage plants (berseem clover, forage mustard, barley, triticale, forage safflower, vetch, forage pea and faba bean) and intercropping of triticale + vetch (50% triticale and 50% vetch). The evaluated traits included days to harvest, leaf-to-stem ratio, fresh and dry forage yields, ash percentage, protein percentage, and protein yield. Additionally, gross and net profit, percent of sale return, and benefit-cost ratio, were assessed to evaluate economic indices.

Results and Discussion. The results indicated that forage species had significant effect on all studied traits. Mean comparison showed that the first year of the experiment had higher fresh and dry forage yields (37320 and 8742 $kgha^{-1}$, respectively) and shorter days to harvest (158 days) compared to the second year. Among forage species, vetch (154 days), barley (155 days), and berseem clover (156 days) had the lowest days to harvest, respectively. Vetch and berseem clover had the highest leaf-to-dry-stem ratio with averages of 0.85 and 0.82, respectively. The intercropping of triticale + vetch, berseem clover and vetch with fresh forage yield and dry forage yield (44520 and 12861 $kgha^{-1}$), (38253 and 8465 $kgha^{-1}$) and (36762 and 7948 $kgha^{-1}$) were ranked first to third, respectively. The lowest dry forage yield (5796 $kgha^{-1}$) was related to forage safflower. Forage pea had higher protein content than the other forage species. However, there was no significant difference with faba bean. The highest and lowest protein yield was obtained in intercropping of triticale + vetch and forage mustard, respectively. The ash of forage species ranged from 9.97% for the faba bean to 4.94% for barley. The analysis of the economic indicators showed that the intercropping of triticale + vetch ranked first in terms of gross and net profit with 1404260 and 1003050 thousand rials ha^{-1}, respectively. Berseem clover and vetch were also ranked next. Forage safflower and mustard had the lowest gross and net profit of the among forage species. The intercropping of triticale + vetch, berseem clover and vetch with percent of sale return and benefit-cost ratio (71.4 and 3.5), (69.7 and 3.29) and (67.3 and 3.06) were ranked first to third, respectively. The lowest amount of percent of sale return and benefit-cost ratio (-4.8 and 0.95, respectively) were assigned to forage safflower.

Conclusion. Based on the results of this study, to achieve optimal forage yield and quality, as well as greater economic advantage, the intercropping of triticale + vetch, berseem clover and vetch, is recommended as a second crop in paddy fields of Guilan Province, respectively. These findings suggest that the rice–forage crops system could play a pivotal role in improving paddy farmers' income and sustainable rice production.

Cite this article: Rabiee, M., Hosseini Chaleshtori, M., Shaker Kouhi, S., & Akbarzadeh, E. (2026). The comparison of qualitative and quantitative yield and economic indices of forage crops as a second crop in rotation after rice. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *57*(2), 43-55. DOI: 10.22059/ijfcs.2025.405110.655164.

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: 10.22059/ijfcs.2025.405110.655164

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

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

مقایسه عملکرد کمی و کیفی و شاخص‌های اقتصادی گیاهان علوفه‌ای به‌عنوان کشت دوم در تناوب پس از برنج

محمد ربیعی [۱] ✉ | مریم حسینی چالشتری [۲] | سجاد شاکرکوهی [۳] | ابراهیم اکبرزاده [۴]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران. رایانامه: m.rabiee@areeo.ac.ir

۲. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران. رایانامه: m.hosseini@areeo.ac.ir

۳. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران. رایانامه: s.shaker@areeo.ac.ir

۴. سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، رشت، ایران. رایانامه: mod.zeraat@jkgc.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۶

کلیدواژه‌ها:
تریتیکاله،
شبدر برسیم،
کشت مخلوط،
ماشک،
نخود علوفه‌ای.

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد و شاخص‌های اقتصادی گیاهان علوفه‌ای به‌عنوان کشت دوم در تناوب پس از برنج، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شهرستان رشت اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل هشت گیاه علوفه‌ای (شبدر برسیم، خردل-علوفه‌ای، جو، تریتیکاله، گلرنگ علوفه‌ای، ماشک، نخود علوفه‌ای و باقلا) و کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک (۵۰٪ تریتیکاله و ۵۰٪ ماشک) بودند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر گونه‌های مورد کاشت بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد علوفه تر (۴۴۵۲۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد علوفه خشک (۱۲۸۶۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد پروتئین (۱۸۱۸ کیلوگرم در هکتار) در کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک حاصل شد. کمترین عملکرد علوفه تر (۲۷۰۸۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد علوفه خشک (۵۷۹۶ کیلوگرم در هکتار) نیز به‌ترتیب به خردل علوفه‌ای و گلرنگ علوفه‌ای تعلق داشت. کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک، شبدر برسیم و ماشک به‌ترتیب با سود خالص و نسبت فایده به هزینه ۱۰۰۳۰۵۰ هزار ریال در هکتار و ۳/۵، ۹۶۹۸۵۰ هزار ریال در هکتار و ۳/۲۹ و ۸۷۹۸۴۰ هزار ریال در هکتار و ۳/۰۶ در رتبه اول تا سوم قرار گرفتند. در مجموع، جهت حصول عملکرد کمی و کیفی مناسب علوفه و مزیت اقتصادی بیشتر، کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک، شبدر برسیم و ماشک به‌عنوان کشت دوم در اراضی شالیزاری استان گیلان قابل‌توصیه است.

استناد: ربیعی، م.، حسینی چالشتری، م.، شاکرکوهی، س.، و اکبرزاده، ا. (۱۴۰۵). مقایسه عملکرد کمی و کیفی و شاخص‌های اقتصادی گیاهان علوفه‌ای به‌عنوان کشت دوم در تناوب پس از برنج. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۷(۲)، ۴۳-۵۵.
DOI: 10.22059/ijfcs.2025.405110.655164

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

۱. مقدمه

بالابودن هزینه تولید برنج، نظام خرده‌مالکی، سنتی‌بودن عملیات کشت و پایین‌بودن بهره‌وری اراضی، ادامه کشت و کار و تولید این محصول راهبردی را با چالش جدی مواجه ساخته است (Rabiee & Modarresi, 2021). افزایش بهره‌برداری از اراضی شالیزاری از طریق جایگزین‌کردن شیوه‌های چندکشتی در سال به‌جای تک‌کشتی برنج، یکی از شیوه‌های مقابله با این روند می‌باشد. مساعد بودن دما و بارندگی پس از برداشت برنج تا نشاء مجدد آن در سال آینده، کوتاه‌بودن طول دوره رشد برنج و وجود خاک‌های حاصلخیز، موجب می‌شود که اراضی شالیزاری از پتانسیل بالایی جهت استقرار شیوه‌های چندکشتی برخوردار باشند (Tabrizi *et al.,* 2015). از طرف دیگر، به‌دلیل کمبود نزولات جوی در کشور و کاهش منابع آب زیرزمینی، توجه جدی به کشت محصولات پاییزه از جمله کشت دوم پس از برداشت برنج، امری ضروری به‌نظر می‌رسد. کشت دوم در اراضی شالیزاری یکی از راهکارهای اساسی برای رعایت تناوب زراعی، بهبود شرایط محیط و خاک، ایجاد اشتغال، بهبود وضعیت اقتصادی کشاورزان و پایداری تولید برنج است (Rabiee & Farahdahr, 2020).

با توجه به نیاز کشور به تأمین غذا و تولید فراورده‌های دامی، استفاده از گیاهان علوفه‌ای پاییزه با قابلیت کشت در اراضی شالیزاری که عملکرد بالا و کیفیت مطلوبی دارند، علاوه بر تأمین علوفه مورد نیاز دام‌ها، می‌تواند نقش مهمی در کشاورزی پایدار و برقراری نظام چندکشتی ایفا کند. از آنجایی که کشت گیاهان علوفه‌ای در اراضی شالیزاری شمال کشور بدون مصرف آب و به‌صورت دیم صورت می‌گیرد، از این نظر بسیار بااهمیت می‌باشد. کشت متوالی برنج به‌دلیل شرایط غرقابی و عملیات گل‌خرابی سبب تخریب ساختمان خاک، کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و واکنش‌های بیوشیمیایی می‌شود. کشت بقولاتی نظیر شبدر برسیم، ماشک، نخود علوفه‌ای و باقلا پس از برداشت برنج می‌تواند موجب افزایش فعالیت‌های میکروبیولوژی خاک شده و فرآیند معدنی‌شدن نیتروژن را تسریع کند (Rabiee & Shaker Kouhi, 2025).

شبدر برسیم (*Trifolium alexandrium* L.) یکی از گیاهان سازگار با شرایط آب و هوایی معتدل و مرطوب استان‌های شمالی کشور است که می‌تواند از بارندگی‌های مؤثر در طی فصول پاییز و زمستان به‌خوبی استفاده کند (Rabiee & Jilani, 2014). ماشک برای حفاظت و اصلاح ساختمان خاک، به‌عنوان کود سبز، علوفه خشک، علوفه سبز و سیلو کشت می‌شود. علوفه این محصول برای دام‌ها مناسب و میزان پروتئین آن بین ۲۰–۱۵ درصد است. ماشک قادر است تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تثبیت کند (Aydemir *et al.,* 2019). نخود علوفه‌ای (*Pisum arvense* L.) گیاهی یک‌ساله، دارای ساقه‌های باریک و بالارونده، منبعی غنی از پروتئین، فیبر، نشاسته، قندهای محلول، ویتامین‌ها و مواد معدنی است. این گیاه از قابلیت هضم بالایی (حدود ۸۰–۷۰ درصد) برخوردار بوده و میزان پروتئین آن بین ۲۱–۱۶ درصد می‌باشد. این ویژگی‌های منحصر به‌فرد، نخود علوفه‌ای را به یکی از مهم‌ترین گونه‌های بقولات علوفه‌ای برای تغذیه دام تبدیل کرده است (Demirkol *et al.,* 2019).

رقم علوفه‌ای باقلا (*Vicia faba* L.) پیش از مرحله گل‌دهی، توده علوفه‌ای سبز و پرحجمی تولید کرده که برای تغذیه دام بسیار مناسب است. همچنین، علوفه گیاه باقلا را می‌توان به‌طور خالص یا مخلوط با گیاهان خانواده غلات سیلو کرد (Sand Abadi *et al.,* 2020). گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* (L.) گیاهی چندمنظوره از تیره کاسنی است که علاوه بر تولید روغن خوراکی، به‌عنوان گیاه دارویی و نیز گیاه علوفه‌ای کشت می‌شود (Ozek, 2017). گلرنگ در گستره وسیعی از زمان‌های کاشت از پاییز تا تابستان قابلیت کشت دارد و اگر کشاورزان این محصول را در فصل پاییز کشت کنند، با حداقل آب مصرفی می‌توانند علوفه تولید کنند (Emongor, 2010). خردل علوفه‌ای (*Brassica juncea*) گیاهی علفی و یک‌ساله از تیره شب‌بو می‌باشد. با توجه به این‌که خردل علوفه‌ای در پاییز کشت می‌شود، می‌تواند در تأمین علوفه مورد نیاز دامداری‌ها در اواخر زمستان و اوایل بهار مورد توجه قرار گیرد (Amiri *et al.,* 2023).

تجزیه و تحلیل و بررسی شاخص‌های اقتصادی تولید محصولات زراعی می‌تواند نقش مهمی در انتخاب و توسعه کشت یک گیاه در نظام زراعی ایفا کند. نتایج بررسی اقتصادی تولید محصولات علوفه‌ای در استان گلستان نشان داد که از منظر اقتصادی، امکان کشت

گیاهان علوفه‌ای کلزا، باقلا، ماشک، خُلّر و ترشک در استان گلستان وجود دارد، به‌طوری‌که جایگزینی کلزا و باقلا با تریتیکاله، موجب افزایش درآمد و سودآوری کشاورزان منطقه خواهد شد. همچنین، کشت و تولید گیاهان علوفه‌ای چغندرقند و نخود فاقد سودآوری و توجیه اقتصادی بود (Sabri *et al.*, 2017). اجرای تناوب مناسب برای بهره‌برداری بهینه از اراضی شالیزاری یکی از مهم‌ترین اولویت‌ها در بخش کشاورزی استان‌های شمالی کشور می‌باشد. این ضرورت با توجه به تناوب مناسب برنج با گیاهان علوفه‌ای می‌تواند راهگشا باشد. در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی عملکرد کمی و کیفی و شاخص‌های اقتصادی گیاهان علوفه‌ای به‌عنوان کشت دوم پس از برداشت برنج در اراضی شالیزاری گیلان انجام شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ و ۱۴۰۴- ۱۴۰۳ به مدت دو سال در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت پس از برداشت برنج طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل هشت گیاه علوفه‌ای (شبدر برسیم رقم تولیدی کرج، خردل علوفه‌ای رقم گرگان، جو رقم گلچین، تریتیکاله رقم هاشمی، گلرنگ علوفه‌ای رقم گلدشت، ماشک رقم لامعی، نخود علوفه‌ای رقم پایونیر و باقلا رقم مهتا) و کشت مخلوط ردیفی تریتیکاله + ماشک با نسبت‌های جایگزینی ۵۰٪ تریتیکاله و ۵۰٪ ماشک بودند. بذور گونه‌های علوفه‌ای از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شدند. قبل از اجرای آزمایش، یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از چندین نقطه مزرعه آزمایشی تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱). الگوی تغییرات جوی محل اجرای آزمایش شامل میزان دما، مجموع بارندگی منطقه و مجموع ساعات آفتابی طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲ در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil at the experiment site.

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	کربن آلی (درصد)	اسیدیته	بافت خاک
۰/۷۶	۱۷۵	۱۹/۱	۰/۱۲۸	۱/۲۴	۷/۱	رسی- سیلتی

جدول ۲. آمار هواشناسی در طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت.

Table 2. Meteorological statistics during the crop years 2023-2025 in the Rice Research Institute of Iran-Rasht.

ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)				مجموع بارندگی (میلی‌متر)		مجموع ساعات آفتابی	
	۱۴۰۳-۱۴۰۲		۱۴۰۴-۱۴۰۳		۱۴۰۳-۱۴۰۲	۱۴۰۴-۱۴۰۳	۱۴۰۳-۱۴۰۲	۱۴۰۴-۱۴۰۳
	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه				
آبان	۱۲/۳	۲۴/۲	۹/۶	۱۷/۵	۷۷/۷	۲۰۸/۶	۱۷۶/۸	۹۳
آذر	۷/۴	۱۸/۹	۶/۲	۱۵	۱۲۰	۶۲/۵	۱۴۱/۴	۱۱۲/۷
دی	۵/۴	۱۷/۹	۴/۴	۱۴/۲	۷۷/۶	۵۱/۲	۱۱۸/۱	۱۲۱/۹
بهمن	۴/۴	۱۴/۳	۲/۷	۱۱/۵	۱۵۶/۴	۳۱۱/۹	۱۳۱/۲	۱۱۸/۱
اسفند	۴/۲	۱۲/۱	۴/۷	۱۵/۲	۱۷۵/۸	۱۲۰/۵	۷۳/۵	۱۶۳/۸
فروردین	۸/۸	۲۰	۱۰/۱	۲۰/۱	۳۱/۷	۱۱۲/۹	۱۷۸/۷	۱۳۹/۹
اردیبهشت	۱۳/۸	۲۴/۶	۱۴/۴	۲۴/۴	۹۴/۱	۶۳	۱۷۳/۱	۱۳۸/۳
میانگین	۸/۰۴	۱۸/۸۶	۷/۴۳	۱۶/۸۳	–	–	–	–
مجموع	–	–	–	–	۷۳۳/۳	۹۳۰/۶	۹۹۲/۸	۸۸۷/۷

پس از برداشت برنج عملیات شخم حداقل با استفاده از رتیواتور طی دو مرحله در عمق ۱۵–۱۰ سانتی‌متر انجام گرفت و جهت مبارزه با علف‌های‌هرز از علف‌کش تری‌فلورالین (ترفلان EC ۴۸٪) تولید شرکت آریاشیمی، پنج روز پیش از کاشت، به میزان دو لیتر در هکتار و به‌صورت محلول در آب (سم‌پاشی) استفاده شد. به‌منظور زهکشی زمین و خروج آب اضافی و ایجاد شرایط مناسب برای کشت گیاهان علوفه‌ای، زهکش‌هایی به عمق ۳۰ –۲۰ سانتی‌متر و به عرض ۳۰–۲۵ سانتی‌متر دور تا دور زمین و همچنین، مابین تکرارها احداث شد. تاریخ کاشت گیاهان علوفه‌ای دهم آبان‌ماه بود. فواصل خطوط کشت برای باقلا ۴۰ سانتی‌متر و برای بقیه محصولات ۲۵ سانتی‌متر بود. تعداد خطوط برای کشت باقلا پنج خط و برای سایر محصولات هشت خط در نظر گرفته شد. فواصل بین کرت‌ها دو متر و بین تکرارها نیز سه متر بود. میزان بذر مصرفی در خردل علوفه‌ای پنج کیلوگرم در هکتار، جو و تریتیکاله ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار، شبدر ۲۵ کیلوگرم در هکتار، گلرنگ علوفه‌ای ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ماشک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، نخود علوفه‌ای ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار و باقلا ۸۰ کیلوگرم در هکتار بود (Rabiee & Farahdahr, 2020). کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و نیاز هر گیاه به مزرعه داده شد. هیچ گونه کنترل مکانیکی و شیمیایی با علف‌های‌هرز در طی فصل رشد انجام نشد. مبارزه با آفت حلزون در ابتدای سبزشدن گیاهان علوفه‌ای و در مرحله سه تا چهار برگی با استفاده از سم متالدهاید ($C_8H_{16}O_4$) تولید شرکت آریاشیمی و به میزان سه کیلوگرم در هکتار برای خردل علوفه‌ای، گلرنگ علوفه‌ای و باقلا، یک کیلوگرم در هکتار برای جو و تریتیکاله و دو کیلوگرم در هکتار برای سایر محصولات انجام شد. زمان برداشت برای خردل علوفه‌ای در مرحله پایان غلاف‌دهی، تریتیکاله و جو در مرحله ده درصد خوشه‌دهی، ماشک، باقلا و نخود علوفه‌ای در مرحله پایان گل‌دهی و اوایل غلاف‌دهی و برای گلرنگ در مرحله ده درصد گل‌دهی بود (Rabiee & Farahdahr, 2024).

جهت تعیین عملکرد علوفه تر در واحد سطح با حذف خطوط کناری و یک متر از بالا و پایین هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای، علوفه برداشت و بلافاصله توزین شد. برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک، یک کیلوگرم علوفه تر از هرکرت به‌طور تصادفی انتخاب و نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند. عملکرد علوفه خشک بر اساس رطوبت ۱۵ درصد تعیین شد. میزان پروتئین خام علوفه از طریق اندازه‌گیری درصد نیتروژن نمونه‌ها به روش کجلدال و ضرب‌کردن آن در عدد ثابت ۶/۲۵ محاسبه شد (Tabatabaei & Ranjbar, 2012). عملکرد پروتئین نیز از حاصل‌ضرب پروتئین خام و عملکرد علوفه خشک به‌دست آمد (Ul-Allah *et al.,* 2014). برای اندازه‌گیری خاکستر علوفه از کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. به‌منظور بررسی و تحلیل اقتصادی تولید گیاهان علوفه‌ای، شاخص‌های اقتصادی شامل سود ناخالص، سود خالص، درصد بازده فروش محصول و نسبت فایده به هزینه از طریق روابط ۱ تا ۴ محاسبه شدند (Asadi *et al.,* 2024).

$$TR = Y \times P \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$NR = TR - TC \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$SRP = \frac{NR}{TR} \times 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\frac{B}{C}R = \frac{TR}{TC} \times 100 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن‌ها TR، سود ناخالص؛ Y، عملکرد علوفه خشک؛ P، قیمت هر کیلوگرم علوفه خشک؛ NR، سود خالص؛ TC، هزینه کل؛ SRP، درصد بازده فروش محصول و $\frac{B}{C}R$، نسبت فایده به هزینه می‌باشد. هزینه تولید و قیمت فروش علوفه گیاهان علوفه‌ای طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴–۱۴۰۲ در جدول ۳ نشان داده شده است.

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ انجام شد. پس از انجام آزمون یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی (آزمون بارتلت) و اطمینان از یکنواخت‌بودن خطاهای آزمایشی در سال‌های مختلف، تجزیه مرکب داده‌ها انجام شد. مقایسه میانگین نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

جدول ۳. میانگین هزینه تولید و قیمت علوفه محصولات علوفه‌ای طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲ (هزار ریال در هکتار).
Table 3. Average production cost and forage price of forage crops during the crop years 2023-2025 (thousand rials ha^{-1}).

محصولات	نیروی کار	خاک‌ورزی	کود شیمیایی	بذر	علف‌کش تری‌فلورالین	حلزون‌کش متالدهاید	برداشت	سم‌پاش	اجاره زمین	هزینه کل	قیمت فروش علوفه
جو	۸۱۰۰۰	۴۰۰۰۰	۸۲۸۴۰	۳۱۵۰۰	۹۹۰۰	۱۱۵۰	۶۳۰۰۰	۱۲۵۰۰	۸۸۰۰۰	۴۰۹۸۹۰	۹۰
تریتیکاله	۶۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۷۷۸۰۰	۳۱۵۰۰	۹۹۰۰	۱۱۵۰	۵۸۰۰۰	۱۲۵۰۰	۸۸۰۰۰	۳۷۸۸۵۰	۹۰
ماشک	۹۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۴۳۶۰۰	۴۵۰۰۰	۹۹۰۰	۲۳۰۰	۷۵۰۰۰	۱۲۵۰۰	۸۸۰۰۰	۴۲۶۳۰۰	۱۶۵
کشت مخلوط	۷۲۰۰۰	۶۰۰۰۰	۴۹۲۶۰	۳۸۲۵۰	۹۹۰۰	۲۳۰۰	۶۹۰۰۰	۱۲۵۰۰	۸۸۰۰۰	۴۰۱۲۱۰	۱۱۰
نخود علوفه‌ای	۷۲۰۰۰	۶۰۰۰۰	۴۱۳۲۰	۶۳۰۰۰	۹۹۰۰	۲۳۰۰	۵۵۰۰۰	۱۲۵۰۰	۸۸۰۰۰	۴۰۴۰۲۰	۱۶۵
شبدر برسیم	۹۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۶۷۸۰۰	۱۶۸۷۵	۹۹۰۰	۲۳۰۰	۷۵۰۰۰	۱۲۵۰۰	۸۸۰۰۰	۴۲۲۳۷۵	۱۶۵
گلرنگ علوفه‌ای	۸۵۵۰۰	۶۰۰۰۰	۶۹۹۵۰	۹۰۰۰	۹۹۰۰	۳۴۵۰	۵۵۰۰۰	۱۲۵۰۰	۸۸۰۰۰	۳۹۳۳۰۰	۶۵
خردل علوفه‌ای	۸۵۵۰۰	۶۰۰۰۰	۷۱۹۵۰	۲۲۵۰	۹۹۰۰	۳۴۵۰	۵۳۰۰۰	۱۲۵۰۰	۸۸۰۰۰	۳۸۶۵۵۰	۶۵
باقلا	۱۰۳۵۰۰	۶۰۰۰۰	۶۶۶۰	۷۲۰۰۰	۹۹۰۰	۳۴۵۰	۷۱۰۰۰	۱۲۵۰۰	۸۸۰۰۰	۴۲۷۰۱۰	۱۱۰

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

۳-۱. تعداد روز تا برداشت

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب بیانگر اثر معنی‌دار سال و رقم بر تعداد روز تا برداشت گونه‌های علوفه‌ای بود (جدول ۴). طبق نتایج مقایسه میانگین، سال دوم آزمایش با میانگین ۱۶۲ روز نسبت به سال اول با میانگین ۱۵۸ روز، تعداد روز تا برداشت بیشتری داشت (جدول ۵). از جمله دلایل کوتاه‌تر بودن طول دوره رشد در سال اول را می‌توان به برخورداری بوته‌ها از درجه حرارت بالاتر و مجموع ساعات آفتابی بیشتر مرتبط دانست که موجب تسریع فرآیندهای فنولوژیکی گیاهان شد. در بین گونه‌های علوفه‌ای، ماشک، جو و شبدر به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۵۴، ۱۵۵ و ۱۵۶ روز، از تعداد روز تا برداشت کمتری برخوردار بودند و در یک گروه آماری قرار گرفتند. بیشترین تعداد روز تا برداشت (۱۷۵روز) نیز به گلرنگ علوفه‌ای تعلق داشت. نتایج همچنین بیانگر بیشتر بودن تعداد روز تا برداشت در کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک نسبت به کشت خالص بود (جدول ۵). یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه کشت دوم پس از برداشت برنج در شالیزار، تداخل زمان برداشت محصولات دوم با نشاء برنج در اردیبهشت‌ماه می‌باشد. بنابراین گیاهانی که در تناوب با برنج قرار می‌گیرند، باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که علاوه بر پتانسیل عملکرد بالا، از نظر زمان برداشت کم‌ترین هم‌پوشانی را با نشاء برنج داشته باشند. در همین راستا، نتایج این تحقیق نشان داد که بجز گلرنگ علوفه‌ای، زمان برداشت سایر گونه‌های علوفه‌ای با نشاء برنج هم‌پوشانی نداشت.

جدول ٤. تجـزیه واریانس مرکب تعداد روز تا برداشت و نسبت برگ به ساقه تر و خشک گیاهان علوفه‌ای طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲.
Table 4. Combined variance analysis for days to harvest, leaf-to-stem ratio (fresh) and leaf-to-stem ratio (dry) of forage crops during the crop years 2023-2025.

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد روز تا برداشت	نسبت برگ به ساقه تر	نسبت برگ به ساقه خشک
سال	۱	۱۵۳/۳۵**	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}
سال×تکرار	۲	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۰۰۲
رقم	۸	۲۳۹/۰۸**	۰/۴۳**	۰/۳۲**
سال×رقم	۸	۵/۹۳^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
خطا	۳۲	۶/۸۲	۰/۰۶	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۴/۷	۷/۴	۵/۶

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر اصلی سال و رقم بر تعداد روز تا برداشت، نسبت برگ به ساقه تر و نسبت برگ به ساقه خشک گیاهان علوفه‌ای طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲.

Table 5. Mean comparison for the effects of year and cultivar on days to harvest, leaf-to-stem ratio (fresh) and leaf-to-stem ratio (dry) of forage crops during the crop years 2023-2025.

تیمار	تعداد روز تا برداشت (روز)	نسبت برگ به ساقه تر	نسبت برگ به ساقه خشک
سال			
۱۴۰۲-۱۴۰۳	۱۵۸^{b}	۰/۵۲^{a}	۰/۵۳^{a}
۱۴۰۳-۱۴۰۴	۱۶۲^{a}	۰/۴۶^{a}	۰/۴۹^{a}
رقم			
جو	۱۵۵^{de}	۰/۲۵^{e}	۰/۲۵^{c}
تریتیکاله	۱۵۸^{cde}	۰/۲۴^{e}	۰/۲۵^{c}
ماشک	۱۵۴^{e}	۱/۰۳^{a}	۰/۸۵^{a}
کشت مخلوط تریتیکاله-ماشک	۱۶۲^{b}	۰/۴۳^{c}	۰/۵۲^{c}
نخود علوفه‌ای	۱۶۱^{bc}	۰/۶۸^{b}	۰/۷۳^{b}
شبدر برسیم	۱۵۶^{de}	۰/۷۴^{b}	۰/۸۲^{ab}
گلرنگ علوفه‌ای	۱۷۵^{a}	۰/۳۵^{d}	۰/۴۳^{cd}
خردل علوفه‌ای	۱۶۱^{bc}	۰/۳۴^{d}	۰/۳۹^{d}
باقلا	۱۵۹^{bcd}	۰/۳۶^{cd}	۰/۳۹^{d}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۳-۲. نسبت برگ به ساقه تر و خشک

نسبت برگ به ساقه یکی از مهم‌ترین صفات برای ارزیابی کیفیت گیاهان علوفه‌ای می‌باشد؛ به‌طوری‌که هرچه این نسبت بیشتر باشد، نشان‌دهنده کیفیت بالاتر علوفه است (Majidian & Esfahani, 2013). نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر رقم در سطح احتمال یک درصد بر نسبت برگ به ساقه تر و خشک معنی‌دار بود (جدول ۴). طبق نتایج مقایسه میانگین، ماشک با میانگین ۱/۰۳ بیشترین نسبت برگ به ساقه تر را به خود اختصاص داد. شبدر برسیم و نخود علوفه‌ای نیز به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۷۴ و ۰/۶۸ به‌طور مشترک در رتبه بعدی قرار داشتند. همچنین، تریتیکاله و جو به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۲۴ و ۰/۲۵، از کمترین نسبت برگ به ساقه تر برخوردار بودند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). با توجه به تفاوت‌های مورفولوژیکی گیاهان مورد آزمایش و این‌که در گیاهانی هم‌چون جو و تریتیکاله در مقایسه با لگوم‌هایی مانند شبدر برسیم، ماشک و نخود علوفه‌ای، برگ‌ها قسمت کمتری از کل علوفه تولیدی را تشکیل می‌دهند، این نتیجه طبیعی به نظر می‌رسد.

با توجه به این‌که مصرف و همچنین خرید و فروش علوفه در کشور بیشتر به‌صورت علوفه خشک می‌باشد، نسبت برگ به ساقه خشک جایگاه مهم‌تری در تصمیم‌گیری و انتخاب گونه‌های علوفه‌ای دارد (Moghaddam & Mofidian, 2022). در خصوص نسبت برگ به ساقه خشک نیز کماکان وضعیتی مشابه با نسبت برگ به ساقه تر برقرار بود؛ به‌طوری‌که ماشک و شبدر برسیم به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۸۵ و ۰/۸۲، به‌طور مشترک از بیشترین نسبت برگ به ساقه خشک برخوردار بودند. نخود علوفه‌ای نیز با میانگین ۰/۷۳ در رتبه بعدی قرار داشت. همچنین، کمترین نسبت برگ به ساقه خشک با میانگین ۰/۲۵ مربوط به گیاهان جو و تریتیکاله بود (جدول ۵).

۳-۳. عملکرد علوفه تر

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، رقم و اثر متقابل بین آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد علوفه تر معنی‌دار بود (جدول ۶). طبق نتایج مقایسه میانگین، سال اول آزمایش با میانگین ۳۷۳۲۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سال دوم با میانگین ۳۶۲۸۱ کیلوگرم در هکتار، از عملکرد علوفه تر بیشتری برخوردار بود. بیشتر بودن عملکرد علوفه تر در سال اول را می‌توان به شرایط

مساعد آب و هوایی در این سال (بارندگی کمتر و در نتیجه شرایط غرقابی کمتر، مجموع ساعات آفتابی و دمای بیشتر) نسبت داد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک با میانگین ۴۴۵۲۰ کیلوگرم در هکتار، دارای بیشترین عملکرد علوفه تر بود. تریتیکاله و جو نیز به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۲۱۴۱ و ۳۹۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، به‌طور مشترک در رتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ماشک و افزایش نیتروژن قابل دسترس برای تریتیکاله، استفاده ماشک از تریتیکاله به‌عنوان قیم و عدم خوابیدگی آن و همچنین گسترش متفاوت ریشه‌های دو گونه و استفاده مؤثرتر از منابع قابل‌دسترس، از جمله دلایل اصلی افزایش عملکرد علوفه تر در کشت مخلوط باشد.

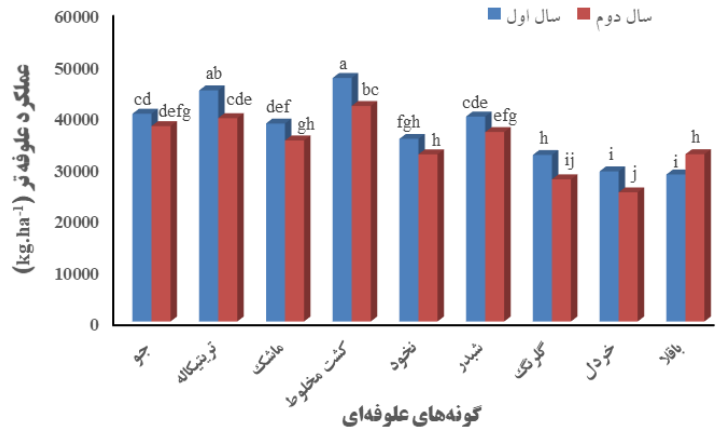
در بین لگوم‌های علوفه‌ای، شبدر برسیم و ماشک به‌ترتیب با میانگین‌های ۳۸۲۵۳ و ۳۶۷۶۲ کیلوگرم در هکتار از عملکرد قابل توجهی برخوردار بودند. خردل و گلرنگ علوفه‌ای نیز به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۷۰۸۲ و ۲۹۹۴۰ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد علوفه تر را به خود اختصاص دادند و به‌طور مشترک در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سال بر عملکرد علوفه تر نشان داد که کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک در سال اول با میانگین ۴۷۲۴۴ کیلوگرم در هکتار و گیاه خردل در سال دوم با میانگین ۲۵۰۵۷ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد علوفه تر را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). در بررسی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط لگوم‌های علوفه‌ای با گرامینه‌ها به‌عنوان کشت دوم در شالیزار گزارش شد که ترکیب کشت مخلوط ۳۰٪ ماشک علوفه‌ای و ۷۰٪ تریتیکاله از بیشترین عملکرد علوفه تر (۴۸۸۴۴ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود (Rabiee & Farahdahr, 2020).

جدول ٦. تجـزیه واریانس مرکب صفات کمی و کیفی گیاهان علوفه‌ای طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲.

Table 6. Combined variance analysis for qualitative and quantitative traits of forage crops during the crop years 2023-2025.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک	پروتئین خام	عملکرد پروتئین	خاکستر
سال	۱	۱۲۴۶۴۰۰۲۹۶**	۵۶۶۱۵۷۸^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۱۶۸۳۱۷*	۰/۱۰^{ns}
سال×تکرار	۲	۶۳۴۳۳۵۶	۳۳۰۰۳۲۴	۱/۸۸	۳۷۳۰۵	۰/۴۵
رقم	۸	۲۰۷۲۰۳۵۵۴۶۲**	۳۵۴۸۶۱۰۰**	۹۳/۴۹**	۸۰۰۳۳۳**	۱۵/۳۰**
سال×رقم	۸	۱۲۰۴۱۴۲۵**	۶۶۹۵۹۸^{ns}	۰/۴۵^{ns}	۳۱۷۷۱^{ns}	۰/۲۱^{ns}
خطا	۳۲	۳۶۸۱۰۳۶	۱۴۳۲۷۵۷	۱/۱۲	۴۱۸۴۲	۰/۴۷
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۷/۲	۱۴/۶	۵/۳	۱۱/۱	۴/۸

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.



شکل ۱. اثر متقابل رقم در سال بر عملکرد علوفه تر گونه‌های علوفه‌ای طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲.

Figure 1. Interaction effect of cultivar and year on fresh forage yield of forage crops during the crop years 2023-2025.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر اصلی سال و رقم بر صفات کمی و کیفی گیاهان علوفه‌ای طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲.

Table 7. Mean comparison for the effects of year and cultivar on qualitative and quantitative traits of forage crops during the crop years 2023-2025.

تیمار	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین خام (درصد)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
سال				
۱۴۰۲-۱۴۰۳	۳۷۳۲۰^{a}	۸۷۴۲^{a}	۱۵/۶۶^{a}	۱۳۲۷^{a}
۱۴۰۳-۱۴۰۴	۳۴۲۸۱^{b}	۸۰۹۵^{a}	۱۵/۴۸^{a}	۱۲۱۶^{b}
رقم				
جو	۳۹۱۰۰^{bc}	۹۹۰۳^{bc}	۱۰/۴۲^{e}	۱۰۲۶^{cd}
تریتیکاله	۴۲۱۴۱^{ab}	۱۱۱۱۰^{ab}	۱۲/۰۴^{e}	۱۳۲۹^{bc}
ماشک	۳۶۷۶۲^{cd}	۷۹۴۸^{cd}	۱۷/۱۱^{c}	۱۳۶۷^{b}
کشت مخلوط تریتیکاله-ماشک	۴۴۵۲۰^{a}	۱۲۸۶۱^{a}	۱۴/۱۱^{d}	۱۸۱۸^{a}
نخود علوفه‌ای	۳۳۹۲۲^{d}	۷۰۸۵^{de}	۲۱/۲۹^{a}	۱۴۸۹^{ab}
شبدر برسیم	۳۸۲۵۳^{c}	۸۴۶۵^{cd}	۱۸/۶۰^{bc}	۱۵۷۳^{ab}
گلرنگ علوفه‌ای	۲۹۹۴۰^{ef}	۵۷۹۶^{e}	۱۴/۰۱^{d}	۸۰۸^{d}
خردل علوفه‌ای	۲۷۰۸۲^{f}	۵۹۱۴^{e}	۱۱/۸۰^{e}	۶۹۰^{d}
باقلا	۳۰۴۸۳^{e}	۶۶۸۹^{de}	۲۰/۳۳^{ab}	۱۳۴۲^{bc}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۳-۴. عملکرد علوفه خشک

نتایج تجزیه مرکب حاکی از آن بود که بین گونه‌های علوفه‌ای از نظر عملکرد علوفه خشک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. علی‌رغم بیشتر بودن عملکرد علوفه تر در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم، عملکرد علوفه خشک در دو سال تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). هم‌راستا با عملکرد علوفه تر، کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک با میانگین ۱۲۸۶۱ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد علوفه خشک را دارا بود. هرچند با کشت خالص تریتیکاله اختلاف معنی‌داری نداشت. گیاهان جو، شبدر برسیم و ماشک نیز به‌ترتیب با میانگین‌های ۹۹۰۳، ۸۴۶۵ و ۷۹۴۸ کیلوگرم در هکتار، به‌طور مشترک در جایگاه بعدی قرار داشتند. همچنین، کمترین عملکرد علوفه خشک با میانگین ۵۷۹۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به گلرنگ علوفه‌ای بود (جدول ۷). در بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت خالص و مخلوط ماشک گل‌خوشه‌ای و تریتیکاله گزارش کردند که بیشترین عملکرد علوفه خشک و عملکرد پروتئین به‌ترتیب با میانگین‌های ۸۸۵۰ و ۱۴۱۲ کیلوگرم در هکتار، از نسبت ۵۰٪ ماشک گل‌خوشه‌ای و ۵۰٪ تریتیکاله به‌دست آمد (Shobeirri *et al.,* 2011).

۳-۵. میزان پروتئین خام

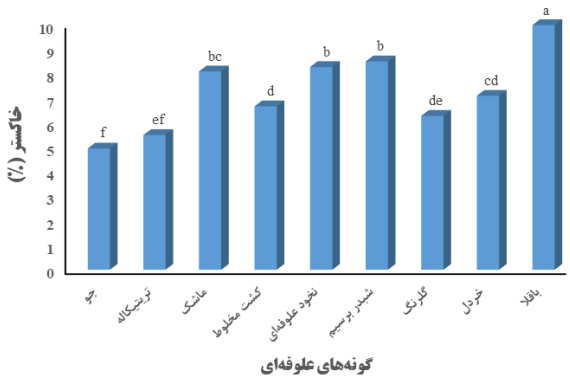
میزان پروتئین مهم‌ترین جزء کیفی علوفه محسوب می‌شود که همواره برای ارزیابی کیفیت علوفه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yolcu *et al.,* 2009). نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار رقم بر میزان پروتئین خام علوفه بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در بین گونه‌های علوفه‌ای، بیشترین میزان پروتئین خام با میانگین ۲۱/۲۹ درصد مربوط به نخود علوفه‌ای بود، هرچند با باقلا اختلاف معنی‌داری نداشت. شبدر برسیم و ماشک نیز به‌طور مشترک در رتبه بعدی قرار داشتند. همچنین گیاهان جو، خردل و تریتیکاله به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۰/۴۲، ۱۱/۸ و ۱۲/۰۴ درصد، از کمترین میزان پروتئین خام برخوردار بودند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۷). بیشتر بودن میزان پروتئین در لگوم‌ها را می‌توان به توانایی این گیاهان در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نسبت داد. Ghotbi *et al.* (2022) با مقایسه عملکرد کمی و کیفی لگوم‌های علوفه‌ای یکساله در کشت پاییزه گزارش کردند که نخود علوفه‌ای با میانگین ۲۲/۷۵ درصد، بیشترین میزان پروتئین خام را دارا بود.

۳-۶. عملکرد پروتئین

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال در سطح احتمال پنج درصد و اثر رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد پروتئین علوفه معنی‌دار بود (جدول ۶). طبق نتایج مقایسه میانگین، سال اول آزمایش با میانگین ۱۳۲۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به سال دوم با میانگین ۱۲۱۶ کیلوگرم در هکتار، از لحاظ عملکرد پروتئین دارای برتری بود (جدول ۷). با توجه به این‌که عملکرد علوفه خشک و عملکرد پروتئین دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر هستند، لذا برتری عملکرد پروتئین در سال اول به‌دلیل عملکرد علوفه خشک بیشتر، منطقی و توجیه‌پذیر به‌نظر می‌رسد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک، شبدر برسیم و نخود علوفه‌ای به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۸۱۸، ۱۵۷۳ و ۱۴۸۹ کیلوگرم در هکتار، دارای بیشترین میزان عملکرد پروتئین بودند و به‌طور مشترک در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین میزان عملکرد پروتئین نیز با میانگین ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار به خردل علوفه‌ای مربوط بود، هرچند با گلرنگ علوفه‌ای و جو اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۷). بیشتر بودن عملکرد پروتئین در کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک را می‌توان به بیشتر بودن عملکرد علوفه خشک و در شبدر برسیم و نخود علوفه‌ای، به بیشتر بودن درصد پروتئین نسبت داد.

۳-۷. میزان خاکستر

خاکستر هیچ نوع انرژی برای دام تأمین نمی‌کند، اما به‌عنوان یک جزء حیاتی خوراک، انواع املاح و مواد مورد نیاز برای دام‌ها اعم از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف را تأمین کرده و جهت ادامه فعالیت‌های متابولیکی و سلامت آن‌ها لازم است. بنابراین، درصد خاکستر به‌طور مستقیم با کیفیت علوفه مرتبط است (Lithourgidis *et al.*, 2006). بر اساس نتایج تجزیه مرکب، میزان خاکستر علوفه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) تحت تأثیر رقم قرار گرفت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین گونه‌های علوفه‌ای، باقلا با میانگین ۹/۹۷ درصد، بیشترین میزان خاکستر علوفه را دارا بود. شبدر برسیم، نخود علوفه‌ای و ماشک نیز به‌طور مشترک در رتبه بعدی قرار گرفتند. همچنین، کمترین میزان خاکستر علوفه با میانگین ۴/۹۴ درصد به گیاه جو مربوط بود، هرچند با میزان خاکستر تریتیکاله (۵/۴۹ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲). Monirifar (2016) در مطالعه‌ای که روی لگوم‌های علوفه‌ای انجام داد، اختلاف معنی‌داری را از نظر میزان خاکستر علوفه گزارش کرد. در آزمایشی دیگر گزارش شد که نخود علوفه‌ای رقم محلی، باقلا رقم مهتا و نخود علوفه‌ای رقم پایونیر به‌ترتیب با ۱۰/۶۶، ۱۰/۴۴ و ۱۰/۱۱ درصد، بیشترین میزان خاکستر علوفه را در بین لگوم‌های علوفه‌ای یکساله دارا بودند (Ghotbi *et al.*, 2022).



شکل ۲. مقایسه میانگین میزان خاکستر گونه‌های علوفه‌ای طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲.

Figure 2. Mean comparison for ash content of forage crops during the crop years 2023-2025.

۳-۸. شاخص‌های اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی تولید گیاهان علوفه‌ای در تناوب پس از برنج در جدول ۸ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک، شبدر برسیم و ماشک از نظر سود ناخالص و خالص به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۴۰۴۲۶۰ و ۱۰۰۳۰۵۰ هزار ریال در هکتار، ۱۳۹۲۲۲۵ و ۹۶۹۸۵۰ هزار ریال در هکتار و ۱۳۰۶۱۴۰ و ۸۷۹۸۴۰ هزار ریال در هکتار در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند. بیشتر بودن سود ناخالص و خالص در کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک را می‌توان به بیشتر بودن عملکرد علوفه خشک، و در شبدر برسیم و ماشک، به عملکرد مناسب علوفه و قیمت فروش بیشتر به جهت کیفیت بالاتر علوفه نسبت داد. کمترین سود ناخالص به‌ترتیب با میانگین‌های ۳۷۵۲۵۵ و ۳۸۲۷۱۵ هزار ریال در هکتار به گلرنگ علوفه‌ای و خردل علوفه‌ای اختصاص داشت. همچنین، این دو گونه از سود خالص منفی برخوردار بودند. بیشترین درصد بازده فروش محصول و نسبت فایده به هزینه به‌ترتیب با میانگین‌های ۷۱/۴ و ۳/۵ در کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک حاصل شد. شبدر برسیم و ماشک نیز در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۸).

بازده فروش محاسبه‌شده برای تولید علوفه خشک در کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک نشان داد که به ازای یک ریال فروش این محصول، ۷۱/۴ درصد صود به‌دست آمده است. نسبت فایده به هزینه برای این تیمار نیز نشان داد که به ازای یک ریال سرمایه‌گذاری در تولید علوفه خشک، ۳/۵ ریال منفعت به‌دست آمده است. درصد بازده فروش محصول همانند سود خالص برای گلرنگ علوفه‌ای و خردل علوفه‌ای منفی به‌دست آمد. همچنین، نسبت فایده به هزینه برای این دو گونه کمتر از یک بود که بیانگر آن است که کشت گلرنگ علوفه‌ای و خردل علوفه‌ای به‌عنوان محصول دوم پس از برداشت برنج در شالیزار از نظر اقتصادی به‌صرفه نمی‌باشد (جدول ۸). محققان در بررسی کارایی زراعی–اقتصادی گیاهان علوفه‌ای گزارش کردند که کشت مخلوط نخود علوفه‌ای + جو، کشت خالص نخود علوفه‌ای و کشت مخلوط گاودانه + جو به‌ترتیب با ۷۰۲۷۸۵ هزار ریال در هکتار و ۳/۵۸، ۶۴۶۴۱۰ هزار ریال در هکتار و ۳/۲۹ و ۴۸۵۷۲۱ هزار ریال در هکتار و ۳/۰۷، دارای بیشترین سود خالص و نسبت فایده به هزینه بودند (Rahmati & Sepahvand, 2025).

جدول ۸. شاخص‌های اقتصادی تولید گیاهان علوفه‌ای طی سال‌های زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۲.

Table 8. Economic Indices of forage crops production during the crop years 2023-2025.

تیمار	سود ناخالص (هزار ریال در هکتار)	سود خالص (هزار ریال در هکتار)	درصد بازده فروش محصول	نسبت فایده به هزینه
جو	۸۸۹۴۴۰	۴۷۹۵۵۰	۵۳/۹	۲/۱۶
تریتیکاله	۹۹۸۹۰۰	۶۲۰۰۵۰	۶۲/۱	۲/۶۳
ماشک	۱۳۰۶۱۴۰	۸۷۹۸۴۰	۶۷/۳	۳/۰۶
کشت مخلوط تریتیکاله–ماشک	۱۴۰۴۲۶۰	۱۰۰۳۰۵۰	۷۱/۴	۳/۵۰
نخود علوفه‌ای	۱۱۶۱۱۹۵	۷۵۷۱۷۵	۶۵/۲	۲/۸۷
شبدر برسیم	۱۳۹۲۲۲۵	۹۶۹۸۵۰	۶۹/۷	۳/۲۹
گلرنگ علوفه‌ای	۳۷۵۲۵۵	-۱۸۰۴۵	-۴/۸	۰/۹۵
خردل علوفه‌ای	۳۸۲۷۱۵	-۳۸۳۵	-۱/۰	۰/۹۹
باقلا	۷۳۷۵۳۰	۳۱۰۵۲۰	۴۲/۱	۱/۷۲

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بجزگلرنگ علوفه‌ای، سایر گونه‌های علوفه‌ای مشکلی از نظر هم‌زمانی برداشت با نشاء برنج نداشتند. کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک، تریتیکاله و جو از نظر عملکرد علوفه تر و خشک به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۴۵۲۰ و ۱۲۸۶۱، ۴۲۱۴۱ و ۱۱۱۱۰ و ۳۹۱۰۰ و ۹۹۰۳ کیلوگرم در هکتار، در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند. همچنین، بیشترین عملکرد پروتئین با ۱۸۱۸ کیلوگرم در هکتار به کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک اختصاص داشت. از نظر شاخص‌های اقتصادی، کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک با سود خالص ۱۰۰۳۰۵۰ هزار ریال در هکتار و نسبت فایده به هزینه ۳/۵ در جایگاه نخست قرار داشت. شبدر برسیم و ماشک نیز

به‌ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند. به‌طور کلی، پیشنهاد می‌شود که بهره‌برداران جهت دست‌یابی به عملکرد و کیفیت مناسب علوفه و همچنین سودآوری اقتصادی مطلوب، به‌ترتیب اولویت کشت مخلوط تریتیکاله + ماشک، کشت شبدر برسیم و ماشک را در تناوب پس از برنج قرار دهند.

۵. سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله برخود لازم می‌دانند که از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و موسسه تحقیقات برنج کشور، به جهت حمایت‌های مالی از اجرای این تحقیق تشکر نمایند.

۶. منابع

Amiri, H., Ajamnorouzi, H., Feyzbakhsh, M.T., & Dadashi, M.R. (2023). Investigation of the effects of plant density and planting date on quantitative and qualitative yield of forage mustard under normal and saline conditions. *Journal of Plant Environmental Physiology, 71*(18), 138-155. (In Persian). https://doi.org/10.30495/iper.2022.1947256.1755.

Asadi, H., Gholzardi, F., & Zamaniyan, M. (2024). Economic evaluation of the intercropping of forage sorghum and berseem clover in Alborz province. *Plant Production and Genetics, 5*(1), 91-100. (In Persian). https://doi.org/10.22034/plant.2023.62943.

Aydemir, S.K., Karakoy, T., Kokten, K., & Nadeem, M.A. (2019). Evaluation of yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes grown in different locations of Turkey by GGE biplot analysis. *Applied Ecology and Environmental Research, 17*, 15203-15217. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1706_1520315217.

Demirkol, G., & Yilmaz, N. (2019). Forage pea (*Pisum sativum* var. *arvense* L.) landraces reveal morphological and genetic diversities. *Turkish Journal of Botany, 43*(3), 331-342. https://doi.org/10.3906/bot-1812-12.

Emongor, V. (2010). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review. *Asian Journal of Plant Science, 9*(6), 299-306. https://doi.org/10.3923/ajps.2010.299.306.

Ghotbi, V., Sheikh, F., Feizbaksh, M.T., Shahverdi, M., Sarparast, R., Asadi, H., & Moghaddam, A. (2022). The comparison of qualitative and quantitative yield of annual forage legumes in autumn cultivation. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 32*(2), 81-95. (In Persian). https://doi.org/10.22034/saps.2021.46092.2684.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., & Yiakoulaki, M.D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crop Research, 99*, 106-113. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008.

Majidian, M., & Esfahani M. (2013). Effect of sowing date on yield and some agronomic traits of six forage maize hybrids under Guilan agro-climatic conditions. *Journal of Crop Production and Processing, 3*(9), 57-70. (In Persian).

Moghaddam, A., & Mofidian, S. (2022). Comparison of forage yield and leaf area index of some local and foreign alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 29*(2), 329-317. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2022.356780.1398.

Monirifar, H. (2016). Identification of suitable forage legumes for planting during fallow in rainfed land areas. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *25*(4), 47-58. (In Persian).

Ozek, K. (2017). Feed value and the possibilities of using in farm animal nutrition of safflower: II. The using and effects in ruminant nutrition. *KSU Journal of Natural Science, 20*(1), 35-41.

Rabiee, M., & Jilani, M. (2014). Investigation of adaptation of clover cultivars planting at paddy fields of Guilan province. *13th Iranian Crop Sciences Congress & 3rd Iranian Seed Science and Technology Conference,* Karaj, Iran, pp. 1-4. (In Persian).

Rabiee, M., & Farahdahr, F. (2020). Evaluation of yield and advantages of forage legumes with cereals intercropping as second crop in paddy fields. *Plant Productions, 43*(3), 363-374. (In Persian). https://doi.org/10.22055/ppd.2019.27838.1689.

Rabiee, M., & Modarresi, M. (2021). Rapeseed *(Brassica napus* L.*)* cultivation as second crop in paddy field. Narvan Danesh. (In Persian).

Rabiee, M., & Farahdahr, F. (2024). Technical guideline for second crops after rice harvesting in paddy fields. Rice Research Institute of Iran. (In Persian).

Rabiee, M., & Shaker Kouhi, S. (2025). Best intercropping systems after rice harvesting in paddy fields of Guilan province. *Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 10*(1), 33-44. (In Persian). https://doi.org/10.22047/srjasnr.2025.218189.

Rahmati, M., & Sepahvand, M. (2025). Evaluation of the agro-economic efficiency and precipitation productivity of fodder crops under rainfed condition in Lorestan Province. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *56*(2), 121-131. (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijfcs.2024.384784.655109.

Sabri, A., Abyar, N., & Baseriniya, N. (2017). Economic evaluation of new and neglect forage crop in Golestan Province. *Research Achievement for Improvement Crop Production*, *3*(1), 26-45. (In Persian).

SandAbadi, M., Ghoorchi, T., Sheikh, F., & Ghahari, N. (2020). Evalution of silage characteristics of some forage of *vicia faba* genotypes. *Research on Animal Production, 10*(26), 30-37. (In Persian). http://dx.doi.org/10.29252/rap.10.26.30.

Shobeirri, S.S., Habibi, D., Kashani, A., Pak Nejad, F., Jafari, H., & Lamei, J. (2011). Study of dry forage yield and quality of hairy vetch and triticale in pure stand and mixed cropping. *Iranian Journal of Crop Sciences, 13*(2), 269-281. (In Persian).

Tabatabaei, S.A., & Ranjbar, G.H. (2012). Effect of different levels of nitrogen and potassium on grain yield and protein of triticale. *International Research Applied and Basic Sciences, 3*(2), 390-393.

Tabrizi, A.A., Nour Mohammadi, G., & Mobasser, H.R. (2015). Effects of different cropping systems on fertility of paddy soil. *Journal of Crop Ecophysiology, 34*(9), 191-202. (In Persian).

Ul-Allah, S., Khan, A.A., Fricke, T., Buerkert, A., & Wachendorf, M. (2014). Fertilizer and irrigation effects on forage protein and energy production under semi-arid conditions of Pakistan. *Field Crops Research, 159*, 62-69. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.01.003.

Yolcu, H., Polat, M., & Aksakal, V. (2009). Morphologic, yield and quality parameters of some annual forage as sole crops and intercropping mixtures in dry conditions for livestock. *Journal of Food, Agriculture and Environment, 7*(3), 594-599. https://doi.org/10.1234/4.2009.2679.