Research Article

Agricultural Engineering., 48(3) (2025) 453- 469

ISSN (P): 2588-526X

DOI: 10.22055/agen.2025.50380.1786

ISSN (E): 2588-5944

Technical and Economic Evaluation of Mechanized Triticale Production as a Second Crop in Paddy Fields of Gilan Province

R. Yousefi[1*]

1. Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

Received: 11 August 2025 Accepted: 11 October 2025 *Corresponding Author: r.yousefi1348@gmail.com

Abstract

Introduction: Given the extensive rice cultivation in Gilan Province, implementing a second cropping system after rice is a key strategy for enhancing production, farmer income, and economic sustainability. This approach is particularly valuable in areas facing challenges such as small landholdings and traditional farming practices. Second cropping not only creates employment opportunities but also helps reduce dependence on a monoculture system. However, the lack of suitable crop introductions and efficient technical solutions has left many paddy fields fallow after rice harvest.

Developing annual forage crops such as triticale can supply the livestock sector with affordable feed resources. Numerous studies have demonstrated that second cropping-using triticale, rapeseed, or fava beans-has a favorable cost-benefit ratio, increases farmers' income, and generates positive social outcomes such as mitigating migration and unemployment. Triticale, due to its high productivity and nutritional quality, shows great promise for meeting the country's forage demands.

Ensuring the success of second cropping requires appropriate management practices, technical and financial support, and the careful selection of suitable crops combined with optimal agronomic practices. Considering the importance of second cropping and the high potential of triticale, evaluating the technical and economic parameters of its mechanized harvesting as a second crop in Gilan's paddy fields can provide valuable insights for developing effective support and extension policies.

Materials and Methods: This study evaluated the technical and economic performance of mechanized triticale production, focusing on the machinery used during tillage, planting, and harvesting stages under two harvesting methods-wet and dry. The experiment was conducted over two cropping years (2019–2020) at the Soil and Water Rice Research Station, affiliated with the Rice Research Institute of Iran. To determine the fresh forage yield per unit area, border effects (side rows and 0.5 m from the beginning and end of each plot) were excluded before harvesting. The harvested biomass was weighed immediately. For dry forage yield estimation, one kilogram of fresh forage from each treatment was randomly sampled, oven-dried at 75 °C for 48 hours, and then weighed.

The study consisted of two main sections: a) Technical Assessment and b) Economic Assessment. To measure technical indicators such as fuel consumption, theoretical and effective field capacity, and the time required for each operation in both harvesting systems, the field was divided into two plots measuring 50 × 120 m.

The economic analysis compared the two harvesting methods using indicators such as cost per kilogram of product, net profit, benefit-cost ratio, sales return percentage (SRP), and investment return percentage (IRP). When the Gross Margin (GM) was negative, production was considered economically unjustifiable; a

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

positive GM indicated profitability. The SRP represents the profit produced per unit of sales revenue, while the IRP indicates the profit generated per unit of investment.

Results and Discussion: The technical evaluation of mechanized triticale production in Guilan province revealed significant differences in machine performance between wet and dry harvesting systems. Among the machines studied, the fertilizer spreader achieved the highest effective field capacity (1 ha/h), shortest operation time (1 hr/ha), and lowest fuel consumption (~11.8 L/ha) during wet harvesting- indicating superior efficiency and energy performance. By contrast, the rotivator exhibited the lowest capacity (0.29 ha/h) and the highest fuel consumption (~41.07 L/ha), making it the least efficient operation owing to high soil resistance and repeated passes. Under dry harvesting conditions, two machine combinations were compared. The second combination, in which the disc mower replaced the self-propelled reaper, doubled the harvesting capacity (0.6 ha/h vs. 0.24 ha/h) and significantly reduced operation time (1.7 vs. 4.1 h/ha), though fuel consumption increased slightly. The rake and fertilizer spreader consistently demonstrated high efficiency and low fuel use across both systems. Overall, wet harvesting using a forage chopper was approximately 2.7 times faster and consumed 64 % less fuel per hectare compared to dry harvesting. Nevertheless, despite its greater energy requirement, dry harvesting offers advantages in producing dry, storable forage with easier long-term handling and transport.
From an economic standpoint, although wet harvesting incurred higher total production costs (~199 million IRR/ha) than dry harvesting (~146 million IRR/ha), gross revenue was similar between methods due to the higher yield achieved with wet harvesting (35,000 kg/ha vs. 7,700 kg/ha). However, dry harvesting generated a positive profit (~8.4 million IRR/ha) and a return on investment of ~5.8 %, whereas wet harvesting produced a significant loss (-45.1 million IRR/ha). The main economic drawback of wet harvesting stemmed from high fixed costs (e.g., land rent) and variable costs associated with handling bulky, moisture-laden forage. In summary, while wet harvesting proved technically superior and more adaptable to adverse weather, dry harvesting was economically more viable under the conditions studied. Improving mechanized triticale production requires selecting higher-capacity, energy-efficient machinery and optimizing operational management.

Conclusion: Under current agricultural and economic conditions in Gilan Province, the dry harvesting method for triticale production is more economically advantageous than the wet method. Dry harvesting generated a net profit exceeding 4.8 million IRR/ha with an ROI of about 8.5 %, whereas wet harvesting resulted in a loss greater than 45 million IRR/ha and a negative ROI of -22.7 %. The main causes of loss in the wet system were high land-rental and transportation costs.
Technically, wet harvesting using forage choppers is about 2.7 times faster and consumes over 60 % less fuel than dry harvesting, making it advantageous in unfavorable weather conditions. Although some dry harvesting machines consume more time and fuel, implements such as rakes and manure spreaders improve fuel efficiency and reduce operation time. Future studies should focus on optimizing or replacing low-efficiency machines used in dry harvesting to enhance overall system performance and economic feasibility.

Keywords: Tillage, Dry harvesting, Wet harvesting, Fuel consumption, Effective field capacity, Return on investment, Net profit.

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۸. شماره ۳، ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

ارزیابی پارامترهای فنی و اقتصادی تولید مکانیزه تریتیکاله به عنوان کشت دوم در اراضی شالیزاری استان گیلان

روح اله یوسفی[1*]

۱- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۰

پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۷/۱۹

کلمات کلیدی:

خاک‌ورزی،

برداشت خشک،

برداشت تر،

مصرف سوخت،

ظرفیت مزرعه ای مؤثر،

بازگشت سرمایه،

سود خالص.

* عهده دار مکاتبات

Email: r.yousefi1348@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی و مقایسه پارامترهای فنی و اقتصادی ماشین‌های مورد استفاده در مراحل خاک‌ورزی، کاشت و برداشت در دو روش برداشت تریتیکاله (خشک و تر) به عنوان کشت دوم در اراضی شالیزاری استان گیلان، آزمایشی به مدت دو سال (۹۹-۹۸) در پایگاه تحقیقات الیزاری خاک و آب موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت اجرا شد. پارامترهای فنی شامل مصرف سوخت، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر و مدت زمان عملیات هر مرحله بود. همچنین تحلیل اقتصادی بر اساس مجموع هزینه‌ها و درآمدهای حاصل از کل فرایند تولید انجام شد و شاخص‌هایی مانند هزینه تمام شده هر کیلوگرم محصول، سود خالص، نسبت فایده به هزینه، درصد بازده فروش و درصد بازگشت سرمایه محاسبه شد. نتایج نشان داد که از نظر فنی، روش برداشت تر با چاپر، نسبت به برداشت خشک دارای مزایای قابل توجهی است. مصرف سوخت در برداشت تر نسبت به برداشت خشک با دروگر استوانه‌ای و خودگردان به ترتیب حدود ٦٣/٤ و ٤٨/٧ درصد کاهش یافته است. همچنین زمان لازم برای عملیات برداشت تر به طور قابل توجهی کمتر است و نسبت به برداشت خشک با دروگر استوانه‌ای و خودگردان به ترتیب حدود ٦٣/٤ و ٧٥/٥ درصد کاهش داشته است. این بهبودهای فنی باعث افزایش ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر و انعطاف‌پذیری بیشتر در شرایط آب و هوایی نامناسب می‌شود. با این حال، تحلیل اقتصادی نشان داد که هزینه‌های بالای حمل و نقل محصول تر به دلیل حجم و رطوبت بالای آن، باعث زیان‌ده شدن این روش شده است. از سوی دیگر، برداشت خشک با سودآوری مثبت ٨٤٣٠١٠٠ ریال در هکتار و بازگشت سرمایه ٥/٧٩ درصد، برتری محسوسی بر روش تر دارد. برداشت خشک، علی‌رغم پتانسیل سودآوری، با موانع جدی ناشی از بارندگی‌های فصلی در زمان برداشت روبرو است که خشک شدن طبیعی محصول در مزرعه را

غیرممکن می‌سازد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که هر دو روش برداشت با چالش‌های قابل‌توجهی همراه هستند و برای اقتصادی کردن کشت تریتیکاله در این منطقه، پیشنهاد می‌شود با بهینه‌سازی حمل و نقل محصول تر و توسعه فناوری‌های خشک‌کن کم‌هزینه در مزرعه، امکان بهبود شرایط اقتصادی فراهم شود.

مقدمه

با توجه به سطح زیرکشت گسترده برنج در استان گیلان، بهره‌برداری بهینه از اراضی شالیزاری برای تولید محصولات کشاورزی و ارتقاء تولیدات ملی امری ضروری است (۲۰). توسعه کشت دوم پس از برداشت برنج، به عنوان یکی از راهکارهای اساسی برای افزایش تولید، درآمد کشاورزان و پایداری تولید برنج، نقش مهمی در اقتصاد خانوارهای روستایی ایفا کرده و امکان بهره‌برداری بهینه از زمین را فراهم می‌سازد. حرکت به سمت خروج از سیستم تک محصولی برنج، ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و افزایش درآمد کشاورزان، همگی گام‌های مؤثری در راستای ارتقای بهره‌وری از اراضی شالیزاری محسوب می‌شوند (۱۷).

در اراضی شالیزاری شمال کشور، محدودیت‌هایی نظیر کوچک بودن قطعات اراضی، کمبود منابع آبی و استفاده از روش‌های سنتی در عملیات زراعی، ضرورت ارائه راهکارهایی جهت کاهش هزینه‌های تولید، افزایش بهره‌وری و بهبود درآمد شالیکاران را دوچندان می‌سازد (۱۵). توسعه کشت دوم در این مناطق، به عنوان یک استراتژی کلیدی، می‌تواند به دستیابی به این اهداف و پایداری تولید برنج کمک نماید. با وجود اهمیت فراوان کشت دوم، به دلایل متعدد زراعی، اقتصادی و اجتماعی (از جمله عدم معرفی محصولات مناسب و فقدان راهکارهای فنی کارآمد برای افزایش عملکرد)، بخش قابل توجهی از اراضی شالیزاری پس از برداشت برنج، بلاکشت باقی می‌مانند (۱۶) (۱۷).

در شرایط کنونی، تأمین علوفه مورد نیاز دامداری‌ها با مشکلات عدیده‌ای از جمله هزینه بالای حمل و نقل و واردات همراه است. لذا، توسعه کشت گیاهان علوفه‌ای یک‌ساله در شالیزارهای برنج می‌تواند راهکاری مفید باشد. محصولات متنوعی از جمله تریتیکاله، شبدر، چغندر علوفه‌ای، کلزا، کاملینا، خردل، باقلا، سیر، سبزیجات برگی و ریشه‌ای می‌توانند به عنوان گزینه‌های کشت دوم در اراضی شالیزاری مدنظر قرار گیرند. انتخاب مناسب‌ترین محصول برای هر منطقه، همراه با به‌کارگیری تکنیک‌های زراعی بهینه، نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت کشت دوم ایفا می‌کند. علاوه بر این، بازاریابی مناسب و سودآوری اقتصادی این محصولات، در تداوم و گسترش سطح زیر کشت آن‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است.

تریتیکاله به عنوان گیاهی متعلق به غلات، با ظرفیت تولید و تغذیه بالا، می‌تواند نقش مهمی در تأمین نیاز علوفه‌ای کشور ایفا کند (۷). کشت این گیاه علاوه بر تأمین علوفه، با تقویم زراعی برنج کمترین تداخل را دارد. مناسب‌ترین تاریخ کاشت تریتیکاله (علوفه‌ای) بعد از برنج به عنوان کشت دوم در استان گیلان، نیمه دوم مهرماه تا دهۀ اول آبان ماه می‌باشد. بهترین مرحله برای برداشت تریتیکاله با هدف تأمین علوفه، حداکثر دهۀ سوم فروردین و اوایل اردیبهشت می‌باشد (۱۳).

در همین راستا، مطالعات متعددی به بررسی ابعاد مختلف کشت دوم پرداخته‌اند. پژوهش محمد قاسمی و همکاران (۱۳۸۷) در سیستان و بلوچستان، با بررسی تریتیکاله به عنوان یک غله جدید و علوفه دام، نسبت هزینه-فایده مثبت این محصول را در مقایسه با گندم هامون و جو نومار نشان داد و کشت و ترویج آن را در ایجاد تنوع کشت و افزایش عملکرد مؤثر دانست (۱۲).

همچنین، مطالعه آبیار و صابری[1] (۱۴۰۰) در استان گلستان، برتری اقتصادی کلزا و باقلا را نسبت به تریتیکاله در تولید گیاهان علوفه‌ای برجسته کرد و بر لزوم سیاست‌های حمایتی برای تولید گیاهان علوفه‌ای با پروتئین بالا تأکید نمود (۱). براساس مطالعه انجام شده توسط یوسفی (۱۴۰۴) در استان گیلان، توسعه کشت دوم پس از برداشت برنج به عنوان یکی از راهکارهای اساسی افزایش تولید و درآمد کشاورزان و حفظ پایداری تولید برنج مطرح شده است. این مطالعه، چندین گونه گیاهان علوفه‌ای (از جمله تریتیکاله، چغندر علوفه‌ای و شبدر) و دانه‌های روغنی (کلزا و کاملینا) را مورد ارزیابی قرار داده است. نتایج نشان داده‌اند که تریتیکاله با کمترین تداخل در تقویم زراعی برنج، علاوه بر عملکرد مطلوب، از نظر اقتصادی نیز سودآوری مناسبی دارد و بنابراین به عنوان گزینه‌ای بومی و کارآمد برای کشت دوم پس از برنج در اراضی شالیزاری استان گیلان توصیه شده است (۲۰) (۲۱). در پژوهشی دیگر، نداف فهمیده و همکاران[2] (۱۳۹۴) در شهرستان فومن، بالاتر بودن درآمد و سود حاصل از کشت دوم نسبت به تک‌کشتی را اثبات کرده و آثار اجتماعی مثبت آن از جمله کاهش مهاجرت و بیکاری را مورد اشاره قرار دادند (۱۴).

ابراهیمی و همکاران[3] (۲۰۰۹) معتقدند که میزان درآمد شالیکاران به دلیل نوسانات قیمت و هزینه‌های بالای تولید برنج، بسیار متغیر و عموماً ناچیز است؛ لذا توسعه کشت دوم با مزیت‌های نسبی فراوان در مزارع شالیزاری، می‌تواند به طور قابل توجهی درآمد آن‌ها را افزایش دهد. به همین دلیل، توسعه ارقام مناسب و ارائه حمایت‌های فنی، اعتباری و نهادی کافی، تضمین‌کننده پایداری تولید برنج، کشت دوم و در نهایت افزایش درآمد شالیکاران خواهد بود (۶). حسینجانی و ابراهیمیان (۲۰۰۹) نیز کشت دوم پس از برداشت برنج را راهکاری در جهت کشاورزی پایدار و افزایش تولید معرفی کرده و توصیه نمودند که با مدیریت زمان و استفاده از نهاده‌های موجود، می‌توان بدون تحمیل هزینه‌های اضافی، تولید را افزایش داد (۱۰). عنابستانی و سیفی (۲۰۱۰) نیز در مطالعه خود در دشت سر آمل، روند فزاینده گرایش روستاییان به کشت دوم از دهه ۱۳۸۰ را نشان دادند، به طوری که سهم کشت دوم در اقتصاد خانوار روستایی از نظر درآمد خالص ۳۷/۵ درصد و از نظر درآمدزایی ۲۱/۳ درصد برآورد شده است که ضریب درآمدزایی آن تا ۳/۱۵ برابر نسبت به کشت غالب برنج می‌رسد (۴). مهری (۲۰۱۲) نیز ارائه یک برنامه توسعه‌ای و ترویجی را برای توسعه کشت دوم، بر مبنای استفاده حداکثری از ظرفیت‌های سامانه تولید و مساعدت به سامانه اقتصادی، ضروری دانست تا کشاورزان بتوانند بهترین محصول زراعی را به عنوان کشت دوم انتخاب کنند (۱۱).

مستوفی پور و حیدری[4] (۱۳۶۷) نشان دادند که کشت شبدر برسیم تأثیر کاهشی بر جمعیت لاروهای ساقه خوار برنج دارد (۱۳). زرینه و اخوان[5] (۱۳۶۴) ارزش اقتصادی شبدر برسیم را پس از برداشت برنج بالا ارزیابی کردند که می‌تواند بخش قابل توجهی از نیاز علوفه‌ای دام را تأمین نماید (۲۳). زارع چنیجانی[6] (۱۳۸۷) نیز بر برداشت مکانیزه کلزا در سطح وسیع تأکید کرد (۲۲). آمار و همکاران[7] (۱۳۹۲) در شهرستان شفت، پتانسیل مناسب این شهرستان برای توسعه کشت دوم و عوامل حمایتی کلیدی مانند تسطیح اراضی و تأمین نیروی انسانی ماهر را شناسایی کردند (۳). یزدانی و همکاران[8] (۱۳۸۶) نیز با مقایسه سیستم‌های زهکشی در کشت کلزا پس از برنج، بهترین عملکرد را در تیمارهای با زهکش طولی با فاصله چهار متر و زهکش عرضی یافتند و بازگشت حدود دو برابر هزینه را در این تیمارها محاسبه کردند (۱۹).

1- Abyar and Saberi
2- Naddaf Fahmideh *et al.*
3- Ebrahimi *et al.*
4- Mostofipour and Heidari
5- Zareneh and Akhavan
6- Zare Chenijani
7- Amar *et al.*
8- Yazdani *et al.*

در سطح بین‌المللی نیز، مطالعات متعددی بر اهمیت کشت دوم تأکید کرده‌اند. گاردنر و همکاران[1] (۷) اثرات زهکشی مناسب را بر عملکرد محصولاتی چون گندم، تریتیکاله و کلزا بررسی کردند (۸). همچنین، گاریتی و پرنیتو[2] به بررسی اثرات زهکشی بر عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی در اراضی شالیزاری پرداختند. نتایج تحقیقات هر دو گروه بهبود عملکرد را در شرایط زهکشی مناسب نشان می‌دهد (۹).

با توجه به اهمیت کشت دوم در افزایش بهره‌وری اراضی شالیزاری و درآمد کشاورزان، و همچنین سازگاری و رایج بودن تریتیکاله به عنوان یک محصول علوفه‌ای مقاوم و با پتانسیل بالا در شرایط اقلیمی و زراعی استان گیلان، بررسی پارامترهای فنی و اقتصادی برداشت مکانیزه آن به عنوان کشت دوم می‌تواند راهگشای سیاست‌گذاری‌های حمایتی و ترویجی مؤثر در این منطقه باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف ارزیابی شاخص‌های فنی و اقتصادی تولید مکانیزه تریتیکاله به‌عنوان کشت دوم، با تمرکز بر ماشین‌های مورد استفاده در مراحل خاک‌ورزی، کاشت و برداشت، در دو روش برداشت تر و خشک، طی دو سال زراعی ۱۳۹۹–۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات شالیزاری خاک و آب وابسته به مؤسسه تحقیقات برنج کشور، واقع در استان گیلان (طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۳۹ متر از سطح دریا) انجام شد.

به منظور تعیین عملکرد علوفه تر در واحد سطح، پس از حذف اثر حاشیه‌ای (شامل خطوط کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت)، در مرحله رسیدگی دانه از خمیری نرم تا خمیری سفت، عملیات برداشت از سطح ۹ مترمربع در هر کرت انجام شد. محصول بلافاصله پس از برداشت با ترازوی دیجیتال در محل مزرعه توزین گردید و عملکرد علوفه تر بر حسب تن در هکتار محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک، نمونه‌ای یک کیلوگرمی به صورت تصادفی از علوفه تر برداشت شده از هر تیمار انتخاب گردید. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس توزین شدند. عملکرد نهایی علوفه خشک بر اساس رطوبت ۱۵ درصد محاسبه شد.

این مطالعه در دو بخش اصلی شامل الف) ارزیابی‌های فنی و ب) ارزیابی‌های اقتصادی انجام پذیرفت.

الف) ارزیابی‌های فنی

در این بخش، به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های فنی نظیر میزان مصرف سوخت، ظرفیت مزرعه‌ای و مدت زمان مورد نیاز برای هر یک از عملیات پیش‌بینی شده در سیستم‌های برداشت خشک و تر، زمین آزمایش به دو قطعه ۵۰×۱۲۰ متری تقسیم شد. روش محاسبه هر یک از این شاخص‌های فنی در ادامه شرح داده شده است.

مصرف سوخت

برای تعیین مقدار سوخت مصرف شده، از روش باک پر استفاده شد. در این روش، قبل از شروع عملیات، مخزن سوخت تراکتور کاملاً پر و لبریز گردید و پس از پایان عملیات نیز مخزن سوخت مجدداً لبریز شد. مقدار سوخت مورد نیاز برای پر کردن مجدد مخزن سوخت در پایان عملیات، برابر مقدار سوخت مصرفی در مساحت یا مدت زمان انجام کار توسط ماشین در نظر گرفته شد (۵). مصرف سوخت بر حسب لیتر بر ساعت از رابطهٔ (۱) محاسبه شد:

$$F_C = \frac{q}{t} \qquad (۱)$$

که در آن: F_C میزان سوخت مصرفی بر حسب لیتر بر ساعت، q مقدار سوخت مصرفی بر حسب لیتر، t مدت زمان اجرای عملیات برداشت در هر کرت بر حسب ساعت. با استفاده از مساحت کرت و زمان عملیات، میزان مصرف سوخت بر اساس لیتر بر هکتار محاسبه گردید.

1 - Gardner *et al*
2 - Garrity and Pernito

سرعت پیشروی

برای اندازه‌گیری سرعت پیشروی ماشین‌های خودگردان و تراکتور، مدت زمانی که ماشین یا تراکتور مسافت ۲۰ متری را می‌پیمود، با استفاده از کرنومتر و در چهار تکرار اندازه‌گیری شد. سپس سرعت پیشروی بر حسب کیلومتر بر ساعت از رابطهٔ (۲) محاسبه شد.

$$S = \frac{20}{T} \times 3.6 \quad (۲)$$

که در آن: S سرعت پیشروی بر حسب کیلومتر بر ساعت؛ T زمان صرف شده برای طی کردن مسافت ۳۰ متر بر حسب ثانیه.

ظرفیت مزرعه‌ای نظری

ظرفیت مزرعه‌ای نظری بیانگر ظرفیت کارکرد دستگاه بدون در نظر گرفتن وقت‌های تلف شده است. این شاخص بر حسب هکتار بر ساعت از رابطهٔ (۳) محاسبه شد (۱):

$$tfc = \frac{S \times W}{10} \quad (۳)$$

که در آن: tfc ظرفیت مزرعه‌ای نظری بر حسب هکتار بر ساعت، S سرعت حرکت بر حسب کیلومتر بر ساعت، W عرض کار ماشین بر حسب متر است.

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر بر حسب هکتار بر ساعت که ظرفیت کارکرد واقعی ماشین را نشان می‌دهد از رابطهٔ (۴) محاسبه شد (۲):

$$EFC = \frac{A}{T_t} \quad (۴)$$

که در آن: EFC ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر بر حسب هکتار بر ساعت، A مساحت کار شده بر حسب هکتار و T_t کل مدت زمان اجرای کار بر حسب ساعت است که شامل مدت زمان‌های مفید و غیر مفید (تلف شده) نیز است.

بازده مزرعه‌ای

بازده مزرعه‌ای عبارت است از نسبت ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر به ظرفیت مزرعه‌ای نظری. این بازده شامل آثار زمان تلف شده در مزرعه و کوتاهی در استفاده از عرض کامل ماشین می‌شود. بازده مزرعه‌ای از رابطهٔ (۵) بر حسب درصد محاسبه شد (۲):

$$FE = \frac{EFC}{tfc} \times 100 \quad (۵)$$

که در آن: FE بازده مزرعه‌ای بر حسب درصد، EFC ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر بر حسب هکتار بر ساعت و tfc ظرفیت مزرعه‌ای نظری بر حسب هکتار بر ساعت است.

ب) ارزیابی‌های اقتصادی

تحلیل اقتصادی دو روش برداشت با استفاده از شاخص‌های هزینه تمام شده هر کیلوگرم محصول، سود خالص، نسبت فایده به هزینه، درصد بازده فروش و درصد بازگشت سرمایه انجام شد. هزینه کل (TC)، بازده برنامه‌ای (GM)، درآمد ناخالص (TR) و سود (π) به ترتیب از رابطه‌های (۶) تا (۹) محاسبه شدند. در این تحلیل، چنانچه GM منفی باشد، تولید محصول از نظر اقتصادی فاقد توجیه بوده و در صورتی که GM مثبت باشد، تولید اقتصادی خواهد بود (۱۸).

$$TC = TFC + TVC \quad (۶)$$

$$GM = TR - TVC \quad (۷)$$

$$TR = Py \times Yield \quad (۸)$$

$$\pi = TR - TC \quad (۹)$$

که در آنها: Yield عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم بر هکتار، TR ارزش ناخالص تولید محصول بر حسب ریال بر هکتار، Py قیمت فروش محصول بر حسب ریال بر کیلوگرم، TC هزینه کل بر حسب ریال بر هکتار، TFC هزینه ثابت تولیدی (هزینه اجاره زمین) بر حسب ریال بر هکتار، TVC هزینه‌های متغیر تولیدی (هزینه مراحل مختلف تولید محصول) بر حسب ریال بر هکتار، GM بازده برنامه‌ای بر حسب ریال بر هکتار.

در این تحلیل، درصد بازده فروش محصول (SRP) و درصد بازگشت سرمایه (IRP)، از دیگر شاخص‌های سودآوری مورد بررسی بودند. درصد بازده فروش

محصول (SRP) بیانگر آن است که هر ریال فروش محصول چه درصدی سود به همراه دارد و درصد بازگشت سرمایه (IRP) نیز نشان می‌دهد که هر ریال سرمایه‌گذاری، چه درصدی سود به همراه دارد. درصد بازده فروش محصول (SRP) و درصد بازگشت سرمایه (IRP) به ترتیب از رابطه های ۱۰ و ۱۱ محاسبه شدند (۱۶).

$$SRP_c = (\frac{\pi}{TR}) \times 100 \quad (۱۰)$$

$$IRP = (\frac{\pi}{TC}) \times 100 \quad (۱۱)$$

که در آنها: π سود بر حسب ریال بر هکتار، TR ارزش ناخالص تولید محصول بر حسب ریال بر هکتار، TC هزینه کل بر حسب ریال بر هکتار، SRP درصد بازده فروش محصول بر حسب درصد و IRP درصد بازگشت سرمایه بر حسب درصد.

نتایج و بحث

ارزیابی فنی

در جدول ۱ پارامترهای فنی عملیات مختلف ماشینی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت تر و خشک در استان گیلان نشان داده شده است.

جدول (۱) پارامترهای فنی عملیات مختلف ماشینی در تولید تریتیکاله برای برداشت به صورت تر و خشک

Table (1) Technical parameters of various machine operations in triticale production for wet and dry harvesting

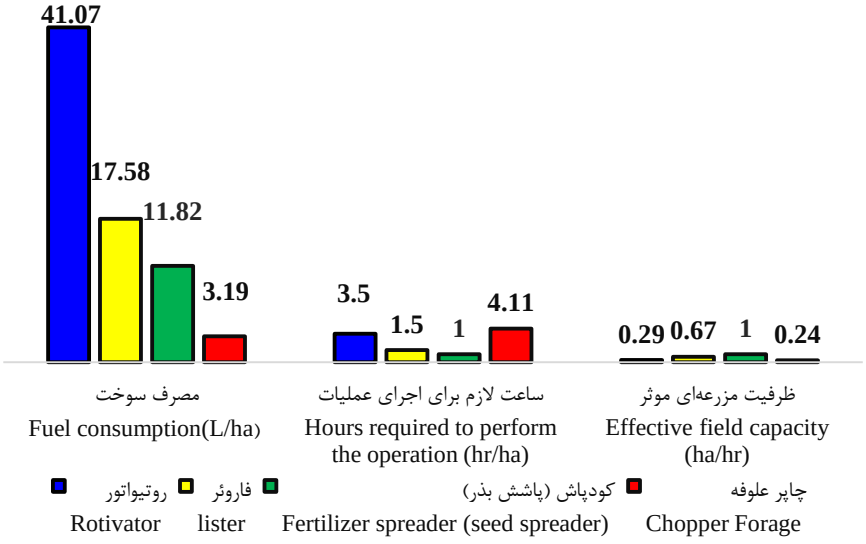
بازده مزرعه‌ای Field efficiency (%)	ظرفیت مزرعه‌ای نظری Theoretical farm capacity (ha/hr)	سرعت پیش روی Ground speed (km/hr)	عرض کار Working width (m)	ماشین مورد استفاده Used machine
73.32	0.39	2.78	1.4	روتیواتور Rotivator
83.20	0.81	5.37	1.5	فاروئر Lister
75.1	1.33	2.56	5.20	کودپاش (پاشش بذر) Fertilizer spreader (Seed spreader)
77.30	0.31	2.62	1.2	چاپر علوفه Chopper forage
77.30	0.31	2.62	1.2	دروگر خودگردان Self-propelled reaper
75.9	0.78	4.9	1.60	دروگر (موور) استوانه‌ای Drum mower
70.02	1.43	5.71	2.50	ریک Rake
70.20	0.64	5	1.65	بیلر Baler

مقایسه پارامترهای فنی عملیات مختلف ماشینی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت تر

در شکل ۱ پارامترهای فنی مختلف ماشینی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت تر در استان گیلان نشان داده شده است. کودپاش با ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ۱ هکتار بر ساعت، بالاترین کارایی را در پوشش‌دهی بذر دارد. این ظرفیت بالا ناشی از عرض کار گسترده (۵/۲۰ متر) و سرعت پیشروی مناسب (۲/۵۶ کیلومتر بر ساعت) است که با بازده مزرعه‌ای ۷۵/۱ درصد همراه شده است. به همین دلیل کودپاش توانسته است زمان اجرای عملیات را به کمترین میزان (۱ ساعت بر هکتار) برساند و به تبع آن، مصرف سوخت بهینه و پایینی (۱۱/۸۲ لیتر بر هکتار) داشته باشد.

روتیواتور کمترین ظرفیت موثر (۰/۲۹ هکتار بر ساعت) را نشان می‌دهد که با توجه به عرض کار کمتر و نیاز به تکرار عملیات، قابل توجیه است. این موضوع منجر به افزایش قابل توجه زمان اجرای عملیات (۳/۵ ساعت بر هکتار) و همچنین افزایش مصرف سوخت (۴۱/۰۴ لیتر بر هکتار) شده است. این موضوع می‌تواند ناشی از مقاومت بیشتر خاک در حین عملیات روتیواسیون باشد. فاروئر با ظرفیت موثر ۰/۶۷ هکتار بر ساعت و زمان اجرای عملیات ۱/۵ ساعت بر هکتار، جایگاه میانی بین روتیواتور و کودپاش دارد. بازده مزرعه‌ای بالاتر (۸۳/۲ درصد) و سرعت پیشروی بیشتر (۵/۳۷ کیلومتر بر ساعت) در مقایسه با روتیواتور، باعث افزایش کارایی این ماشین و کاهش مصرف سوخت (۱۷/۵۸ لیتر بر هکتار) شده است. چاپر علوفه نیز اگرچه کمترین ظرفیت موثر (۰/۲۴ هکتار بر ساعت) را دارد، ولی با مصرف سوخت پایین (۳/۱۹ لیتر بر هکتار) و قابلیت برداشت در شرایط رطوبتی بالاتر، نقش مهمی در افزایش انعطاف‌پذیری سیستم تولید ایفا می‌کند.

بررسی نشان می‌دهد که ماشین کودپاش با ظرفیت مزرعه‌ای بالا، کمترین زمان اجرای عملیات و پایین‌ترین مصرف سوخت، از نظر عملکرد فنی و بهره‌وری انرژی در جایگاه اول قرار دارد. در مقابل، روتیواتور به‌دلیل ظرفیت مزرعه‌ای پایین و مصرف سوخت بالا، پرهزینه‌ترین مرحله از نظر انرژی و زمان محسوب می‌شود. فاروئر و چاپر نیز عملکردی میانه و مکمل دارند. به‌طور کلی، انتخاب ماشین‌های با ظرفیت و بازده بالا می‌تواند تأثیر مستقیمی بر کاهش زمان عملیات و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت تر داشته باشد.



شکل (۱) پارامترهای فنی عملیات مختلف ماشینی در تولید تریتیکاله برای برداشت به صورت تر

Figure (1) Technical parameters of various machine operations in triticale production for wet harvesting

مقایسه پارامترهای فنی عملیات مختلف ماشینی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت خشک

در این مطالعه دو ترکیب از ماشین‌ها برای تولید مکانیزه تریتیکاله به صورت خشک با هم مقایسه شدند:

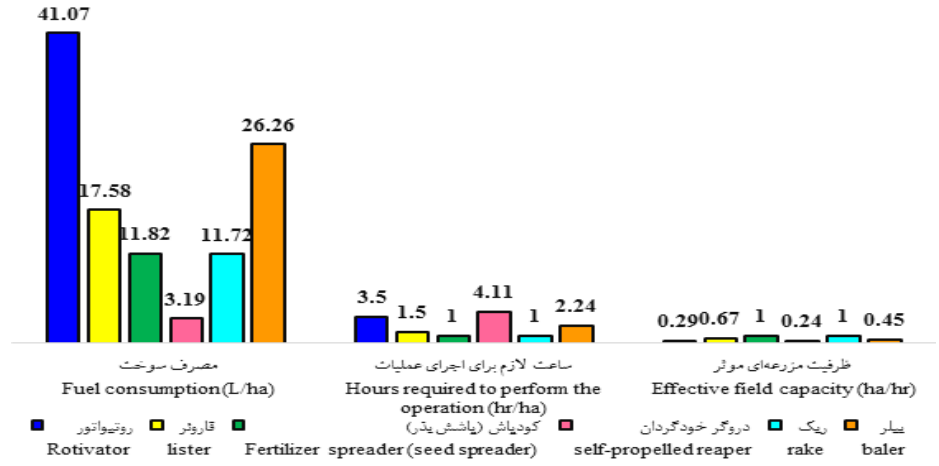
ترکیب اول (روتیواتور+ فاروئر+کودپاش+ دروگر خودگردان+ ریک + بیلر)

در شکل ۲ پارامترهای فنی مختلف ماشینی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت خشک مربوط به ترکیب اول در استان گیلان نشان داده شده است. در این ترکیب، ریک و کودپاش با ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ۱ هکتار بر ساعت بهترین عملکرد را از نظر سرعت پیشروی و توان عملیاتی ارائه می‌دهند. این ظرفیت بالا ناشی از عرض کار مناسب و سرعت حرکت مطلوب این ماشین‌ها است که بازده مزرعه‌ای آنها به ترتیب ۷۰/۰۲ و ۷۵/۱ درصد است. در نتیجه، زمان اجرای عملیات برای هر دو ماشین تنها ۱ ساعت بر هکتار است که این موضوع باعث کاهش چشمگیر مصرف سوخت آنها (حدود ۱۱/۷۲ و ۱۱/۸۲ لیتر بر هکتار) شده و از نظر بهره‌وری انرژی نیز مطلوب است.

در مقابل، دروگر خودگردان با ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر پایین ۰/۲۴ هکتار بر ساعت، کمترین کارایی را در این ترکیب دارد. این ظرفیت پایین، به‌دلیل عرض کار محدود و سرعت پایین پیشروی است که زمان اجرای عملیات را به بیش از ۴ ساعت بر هکتار افزایش می‌دهد. این موضوع باعث افزایش قابل توجه زمان کلی برداشت شده و به‌نوعی نقطه ضعف اصلی فرایند برداشت در این ترکیب محسوب می‌شود. مصرف سوخت این دروگر نسبتاً پایین (۳/۱۹ لیتر بر هکتار) است اما زمان زیاد صرف شده، منجر به کاهش کارایی و افزایش هزینه‌های ناشی از تأخیر در عملیات می‌شود. روتیواتور نیز به دلیل عرض کار کم (۱/۴ متر) و بازده مزرعه‌ای پایین (۷۳/۳۲ درصد)، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر کمی معادل ۰/۲۹ هکتار بر ساعت دارد و به همین دلیل زمان اجرای عملیات آن بیش از ۳/۵ ساعت بر هکتار است. مصرف سوخت بالا (۴۱/۰۷ لیتر بر هکتار) ناشی از مقاومت خاک و انرژی زیاد لازم برای انجام این عملیات، هزینه‌های انرژی را افزایش می‌دهد.

بیلر با ظرفیت مؤثر ۰/۴۵ هکتار بر ساعت و مصرف سوخت نسبتاً بالا (۲۶/۲۶ لیتر بر هکتار) در رتبه بعدی قرار دارد و می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کل مصرف سوخت ترکیب داشته باشد.

به طور کلی، در ترکیب اول، اختلاف ظرفیت و زمان اجرای عملیات بین ماشین‌ها، به‌ویژه دروگر خودگردان و روتیواتور، نشان‌دهنده عدم تعادل در زنجیره عملیات برداشت است که باعث افزایش زمان کلی و هزینه انرژی شده است.



شکل (۲) پارامترهای فنی عملیات مختلف ماشینی در تولید تریتیکاله برای برداشت به صورت خشک (ترکیب ۱)

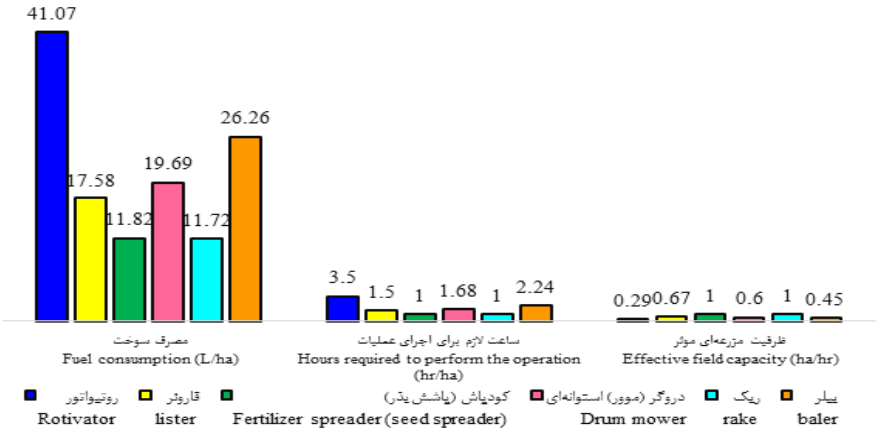
Figure (2) Technical parameters of various machine operations in triticale production for dry harvesting (Combination 1)

ترکیب دوم (روتیواتور+ فاروئر+کودپاش+ دروگر استوانه‌ای+ ریک + بیلر)

در شکل ۳ پارامترهای فنی مختلف ماشینی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت خشک مربوط به ترکیب دوم در استان گیلان نشان داده شده است. در این ترکیب، جایگزینی دروگر استوانه‌ای با ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ۰/۶۰ هکتار بر ساعت، موجب افزایش قابل توجه سرعت برداشت شده است. ظرفیت این دروگر تقریباً دو و نیم برابر دروگر خودگردان ترکیب اول است و زمان اجرای عملیات آن به کمتر از ۱/۷ ساعت بر هکتار کاهش یافته است. این بهبود عملکرد باعث رفع محدودیت اصلی در برداشت شده و در مجموع زمان کل عملیات برداشت را به شکل قابل توجهی کاهش می‌دهد. ریک و کودپاش همانند ترکیب اول، با ظرفیت مؤثر ۱ هکتار بر ساعت، کمترین زمان اجرای عملیات (۱ ساعت بر هکتار) و مصرف سوخت بهینه (حدود ۱۱/۷۲ و ۱۱/۸۲ لیتر بر هکتار) را حفظ کرده‌اند که نشان‌دهنده کارایی بالای این دو ماشین در هر دو ترکیب است. روتیواتور نیز همانند ترکیب اول، به دلیل ویژگی‌های فنی و مقاومت خاک، ظرفیت پایین و مصرف سوخت بالایی دارد که به عنوان یکی از نقاط ضعف این ترکیب باقی مانده است. بیلر نیز با مصرف سوخت بالا (۲۶/۶ لیتر بر هکتار) و ظرفیت متوسط همچنان بخشی از مصرف انرژی ترکیب را تشکیل می‌دهد.

در مجموع، ترکیب دوم با بهره‌گیری از دروگر استوانه‌ای، از نظر ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر، زمان اجرا و بهره‌وری انرژی نسبت به ترکیب اول برتری دارد. کاهش زمان اجرای عملیات برداشت به دلیل افزایش ظرفیت دروگر، می‌تواند موجب صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌های نیروی انسانی و سوخت گردد. در بررسی پارامترهای فنی عملیات مختلف ماشینی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت خشک، ریک و کودپاش با ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر بالا (هر یک ۱ هکتار بر ساعت)، بازده مناسب و مصرف سوخت پایین، بهترین عملکرد را داشتند و نقش مؤثری در کاهش زمان اجرای عملیات و مصرف انرژی ایفا کردند. در مقابل، روتیواتور به دلیل ظرفیت پایین (۰/۲۹ هکتار بر ساعت) و مصرف سوخت بسیار بالا (۴۱/۰۷ لیتر بر هکتار)، پرهزینه‌ترین بخش از نظر انرژی محسوب می‌شود.

دروگر بشقابی با ظرفیت مؤثر ۰/۶۰ هکتار بر ساعت، توانست نسبت به دروگر خودگردان که ظرفیت بسیار پایین‌تری (۰/۲۴ هکتار بر ساعت) دارد، ظرفیت برداشت را بیش از دو برابر کرده و زمان اجرای عملیات را به طور قابل توجهی کاهش دهد (۱/۶۸ ساعت در مقابل ۴/۱۱ ساعت برای برداشت هر هکتار)، هرچند مصرف سوخت آن بیشتر است. بنابراین، انتخاب ماشین کشاورزی با ظرفیت بالا و بازده مناسب، در کنار ملاحظات مصرف انرژی، می‌تواند به طور قابل توجهی کارایی تولید مکانیزه را بهبود بخشد.



شکل (۳) پارامترهای فنی عملیات مختلف ماشینی در تولید تریتیکاله برای برداشت به صورت خشک (ترکیب ۲)

Figure (3) Technical parameters of various machine operations in triticale production for dry harvesting (Combination 2)

مقایسه کلی تولید مکانیزه تریتیکاله در دو روش برداشت تر و برداشت خشک:

اصلی‌ترین تفاوت بین دو روش، حذف چاپر از روش برداشت تر و اضافه شدن ماشین‌های مخصوص (دروگرها، ریک، بیلر) به چرخه عملیات در روش برداشت خشک است که مستقیماً بر ظرفیت، زمان و مصرف سوخت تاثیر می‌گذارند.

نتایج نشان می‌دهد که ماشین‌آلات مرحله بذرپاشی (کودپاش) در هر دو روش از نظر ظرفیت مزرعه‌ای و زمان اجرای عملیات کارایی بالاتری دارند، در مقابل، عملیات آماده‌سازی خاک (روتیواتور) و برخی مراحل برداشت (مانند دروگر تیلری) از نظر فنی زمان‌برتر و کندتر هستند.

از نظر مصرف سوخت، روتیواتور در هر دو روش بیشترین میزان مصرف را دارد. در روش برداشت خشک، ماشین بیلر نیز به دلیل فرآیند فشرده‌سازی علوفه، مصرف سوخت بالایی را نشان می‌دهد. کودپاش در هر دو روش، اقتصادی‌ترین گزینه از لحاظ مصرف سوخت است، در حالی که ریک تنها در روش برداشت خشک استفاده می‌شود و در این روش نیز از نظر مصرف سوخت اقتصادی‌ترین گزینه محسوب می‌شود.

با توجه به جدول ۲، مجموع مصرف سوخت در فرآیند برداشت به صورت خشک حدود ۵۷/۶۷ لیتر در هکتار (در صورت اجرای هر سه عملیات درو، ریک و بیلر) است که به طور قابل توجهی بیشتر از مصرف سوخت روش برداشت تر با ۲۱/۱ لیتر در هکتار است. این اختلاف بیانگر مصرف سوخت حدود ۶۴ درصد کمتر در روش برداشت تر است. از نظر زمانی، مجموع زمان لازم برای تکمیل مراحل برداشت در روش خشک برابر با ۴/۹۲ ساعت بر هکتار است که به طور قابل توجهی بیشتر از ۱/۸ ساعت بر هکتار در روش برداشت تر است. به عبارتی، روش برداشت تر با استفاده از چاپر تقریباً ۲/۷ برابر سریع‌تر است که این موضوع امکان برداشت سطح وسیع‌تری را در زمان کمتر فراهم می‌کند.

از نظر فنی، روش برداشت تر با چاپر به دلیل مصرف سوخت پایین‌تر، زمان اجرای کوتاه‌تر و ظرفیت مزرعه‌ای بالاتر، کاملاً برتر محسوب می‌شود. با این حال، روش برداشت خشک در شرایط خاصی مانند تهیه علوفه سیلو شده برای دام یا شرایط آب و هوایی خاص که نیاز به خشک کردن محصول وجود دارد، مزایای خاص خود را دارد. بسته‌بندی و انبارداری محصول خشک شده برای نگهداری طولانی‌مدت و حمل و نقل آسان‌تر نیز از دیگر مزایای این روش است.

با توجه به شرایط آب و هوایی استان گیلان و بارش‌های معمول در زمان برداشت تریتیکاله، روش برداشت تر نسبت به شرایط محیطی کمتر حساس است. چاپر توانایی برداشت محصول در شرایط رطوبتی بالاتر را دارد، چرا که محصول بلافاصله پس از خرد شدن به سیلو منتقل می‌شود. در مقابل، روش برداشت خشک به شرایط آب و هوایی ویژه‌ای مانند آفتاب و باد برای خشک شدن محصول و جلوگیری از فساد وابسته است. بنابراین، روش برداشت تر از نظر فنی انعطاف‌پذیری بیشتری در برابر شرایط جوی داشته و ریسک تلفات ناشی از بارندگی را به حداقل می‌رساند.

جدول (۲) مقایسه پارامترهای فنی در انواع روش‌های برداشت تریتیکاله

Table (2) Comparison of technical parameters in various triticale harvesting methods

شاخص Index	برداشت تر Wet harvest	برداشت خشک (ترکیب ۱) Dry harvest (Combination 1)	برداشت خشک (ترکیب ۲) Dry harvest (Combination 2)
ساعت لازم برای اجرای عملیات Hours required to perform the operation (hr/ha)	1.80	7.35	4.92
مصرف سوخت Fuel consumption (L/ha)	21.10	41.17	57.67

ارزیابی اقتصادی

در جدول ۳ شاخص‌های اقتصادی عملیات مختلف ماشینی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت تر و خشک در استان گیلان نشان داده شده است.

میانگین هزینه‌های متغیر مشترک در مراحل مختلف تولید طی سال‌های اجرای آزمایش به شرح زیر می‌باشد: در مرحله آماده‌سازی زمین، شامل عملیات شخم با روتیواتور، فاروئر و احداث زهکش توسط نیروی انسانی، هزینه‌ای برابر با ۹۳۶۴۶۰۰ ریال به ازای هر هکتار برآورد گردیده است. همچنین در مرحله کاشت، که شامل خرید بذر و عملیات ضدعفونی آن، بذرپاشی با کودپاش، هزینه خرید و مصرف کود و حمل و نقل بذر و کود می‌شود، میانگین هزینه متغیر برابر با ۱۴۴۷۰۹۰۰ ریال در هر هکتار محاسبه شده است.

در مرحله برداشت، هزینه‌های متغیر با توجه به روش برداشت متفاوت می‌باشد. در برداشت به روش تر که شامل عملیات برداشت با چاپر و هزینه‌های حمل و تخلیه محصول است، میانگین هزینه متغیر ۷۵۳۲۴۰۰۰ ریال در هکتار محاسبه شده است. در مقابل، برداشت به روش خشک که شامل استفاده از دروگر، ریک، بیلر به همراه عملیات بارگیری، تخلیه و حمل محصول است، میانگین هزینه متغیر ۲۱۷۳۴۴۰۰ ریال در هکتار برآورد گردیده است.

شایان ذکر است که در این مطالعه، هزینه‌های ثابت تنها شامل هزینه اجاره زمین می‌باشد. تمامی ماشین‌های مورد استفاده به صورت اجاره‌ای تأمین شده‌اند و هزینه‌های مربوط به آن‌ها به عنوان هزینه‌های متغیر لحاظ شده‌اند همانطور که مشاهده می‌کنید، هزینه کل تولید در روش تر (۱۹۹۱۵۹۵۰۰ ریال) به طور قابل توجهی بالاتر از روش خشک (۱۴۵۵۶۹۹۰۰ ریال) است. این افزایش هزینه عمدتاً ناشی از هزینه‌های متغیر بالاتر در روش تر (مانند چاپر و حمل و نقل حجم بالاتر محصول) است.

با وجود تفاوت بسیار زیاد در قیمت هر کیلوگرم (۲۰۰۰۰ ریال برای خشک در مقابل ۴۴۰۰ ریال برای تر) و عملکرد (۷۷۰۰کیلوگرم برای خشک در مقابل ۳۵۰۰۰ کیلوگرم برای تر)، درآمد ناخالص در هر دو روش دقیقاً یکسان (۱۵۴۰۰۰۰۰۰ ریال) است. این نشان می‌دهد که بازار برای هر دو محصول (خشک و تر) با این فرض قیمت و عملکرد، ارزش کل یکسانی قائل شده است.

در روش خشک، سود (π) مثبت ۸۴۳۰۱۰۰ ریال به دست آمده است. این نشان می‌دهد که تولید تریتیکاله خشک با شرایط فعلی قیمت و هزینه، سودآور است. در روش تر، سود (π) منفی (۴۵۱۵۹۵۰۰ - ریال) به دست آمده است. این به معنای ضرر و زیان قابل توجه در این روش تولید است.

شاخص بازده برنامه‌ای (GM) نشان می‌دهد که آیا تولید از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است یا خیر (اگر مثبت باشد، توجیه‌پذیر است). هر دو روش (خشک با ۱۰۸۴۳۰۱۰۰ ریال و تر با ۵۴۸۴۰۵۰۰ ریال) دارای بازده برنامه‌ای (GM) مثبت هستند. این به این معنی است که حتی در روش تر، درآمد ناخالص بیش از هزینه‌های متغیر است. اما سود منفی در روش تر نشان می‌دهد که هزینه ثابت (اجاره زمین) سهم زیادی در زیان دارد.

هزینه تمام شده هر کیلوگرم تریتیکاله خشک بسیار بالاتر (۱۸۹۰۵/۱۸ ریال) از تریتیکاله تر (۵۶۹۰/۲۷ ریال) است. این تفاوت به دلیل اختلاف چشمگیر در عملکرد نهایی (وزن خشک در مقابل وزن تر) و نحوه توزیع هزینه‌های کل بر روی حجم تولید است.

هر دو شاخص درصد بازده فروش (SRP) و درصد بازگشت سرمایه (IRP) برای روش خشک مثبت هستند (SRP: 5.47% و IRP: 5.79%) که نشان‌دهنده سودآوری و بازگشت سرمایه معقول در این روش است. در مقابل، برای روش تر هر دو شاخص منفی هستند (SRP: -29.32% و IRP: -22.67%) که به وضوح نشان‌دهنده عدم سودآوری و ضرر در این روش است. به ازای هر ریال فروش در روش تر، حدود ۲۹ درصد ضرر وجود دارد و سرمایه‌گذاری نیز حدود ۲۲ درصد ضرر به همراه دارد.

با توجه به تحلیل فوق، برداشت تریتیکاله به صورت خشک در شرایط فعلی اقتصادی و با فرض قیمت‌ها و

عملکـردهـای داده شـده، از نظـر اقتصـادی سـودآورتر و توجیه‌پذیرتر است.

روش برداشت تر با وجود بازده برنامه‌ای مثبت، به دلیل هزینه‌های کل بالاتر و سود منفی، در نهایت منجر به ضرر می‌شود و از نظر اقتصادی در حال حاضر توصیه نمی‌شود. به نظر می‌رسد که هزینه اجاره بالای شالیزار و همچنین هزینه‌های متغیر بالای مربوط به حجم زیاد محصول تر (به خصوص حمل و نقل) عامل اصلی زیان در این روش هستند.

جدول (۳) شاخص‌های اقتصادی عملیات مختلف ماشینی در تولید مکانیزه تریتیکاله برای برداشت به صورت خشک و تر

Table (3) Economic indicators of various machine operations in mechanized triticale production for dry and wet harvesting

برداشت تر	برداشت خشک	واحد	شاخص اقتصادی
Wet harvesting	Dry harvesting	Unit	Economic indicator
4400	20000	Rials/kg	قیمت فروش محصول Product selling price (Py)
35000	7700	kg/ha	عملکرد Yield
100000000	100000000	Rialsha	هزینه ثابت تولید Total fixed costs (TFC)
99159500	45569900	Rials/ha	هزینه‌های متغیر تولید Total variable costs (TVC)
199159500	145569900	Rials/ha	هزینه کل Total costs (TC)
154000000	154000000	Rials/ha	درآمد ناخالص Gross revenue (TR)
-45159500	8430100	Rials/ha	سود (π) Profit (π)
54840500	108430100	Rials/ha	بازده برنامه‌ای Gross margin (GM)
5690.27	18905.18	Rials/kg	هزینه تمام شده هر کیلوگرم Cost per Kilogram
-29.32	5.47	%	درصد بازده فروش Sales return percentage (SRP)
-22.67	5.79	%	درصد بازگشت سرمایه Investment return percentage (IRP)

نتیجه گیری

تحلیل‌های فنی و اقتصادی این پژوهش نشان داد که در شرایط فعلی استان گیلان، روش برداشت خشک تریتیکاله، علیرغم زمان اجرای بیشتر در برخی ماشین‌ها، از نظر اقتصادی سودآورتر و توجیه‌پذیرتر از روش برداشت تر است.

در روش برداشت خشک، سود خالص بیش از ۸/۴ میلیون ریال در هر هکتار و بازگشت سرمایه حدود ۵/۸ درصد به دست آمد؛ در حالی که روش برداشت تر با زیانی بیش از ۴۵ میلیون ریال در هر هکتار و بازده سرمایه منفی ۲۲/۷ درصد همراه بود. این اختلاف معادل افزایش بیش از ۱۲۶ درصدی سود و بهبود بیش از ۲۸ واحد درصدی بازده سرمایه در روش خشک نسبت به روش تر است.

عوامل اصلی زیان در برداشت تر شامل اجاره نسبتاً بالای شالیزار و هزینه‌های حمل‌ونقل ناشی از حجم زیاد محصول است. به‌دلیل محدودیت ظرفیت حمل در هر نوبت، تعداد دفعات جابه‌جایی افزایش یافته و به‌ویژه در فاصله‌های طولانی بین مزرعه و سیلو یا مراکز فرآوری، این امر موجب افزایش هزینه‌های حمل می‌شود.

از نظر پارامترهای فنی، روش برداشت تر با چاپر، حدود ۲/۷ برابر سریع‌تر و بیش از ۶۰ درصد کم‌مصرف‌تر از نظر سوخت نسبت به روش برداشت خشک عمل می‌کند و برای شرایط جوی نامساعد زمان برداشت، گزینه‌ای قابل اتکا محسوب می‌شود.

در برداشت خشک، روتیواتور و دروگر خودگردان، به طور میانگین ۲۰ تا ۳۰ درصد زمان بیشتری برای انجام عملیات صرف کرده و حدود ۱۵ تا ۲۵ درصد مصرف سوخت آنها بیشتر از سایر ماشین‌ها برآورد شده است. در مقابل، ماشین‌های مانند ریک و کودپاش با ظرفیت مزرعه‌ای بالا و مصرف سوخت پایین، توانسته‌اند مصرف سوخت را تا ۲۵ درصد کاهش داده و زمان اجرای عملیات را تا ۲۰ درصد تسریع بخشند که این امر موجب بهبود عملکرد فنی و اقتصادی این روش شده است. در مقابل، ماشین‌های مانند دروگر خودگردان و بیلر به دلیل ظرفیت پایین و مدت زمان بالای عملیات، سهم قابل توجهی در افزایش زمان و هزینه‌ها داشته‌اند. از این رو، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، بهینه‌سازی یا جایگزینی فنی این ماشین‌ها به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد.

هرچند روش برداشت تر از نظر فنی دارای مزایایی بوده و بازده برنامه‌ای آن مثبت ارزیابی می‌شود، اما به دلیل هزینه‌های ثابت و متغیر بالا، به ویژه هزینه‌های حمل و نقل که تا ۱۵۰ درصد بیشتر از برداشت خشک است، در شرایط اقتصادی فعلی سودآوری منفی داشته و توصیه نمی‌شود. با این حال، اگر به دلایلی نظیر شرایط خاص اقلیمی یا نیاز به سیلو کردن محصول، انتخاب این روش اجتناب‌ناپذیر باشد، باید راهکارهای مشخصی برای کاهش هزینه‌های متغیر، به ویژه هزینه‌های حمل‌ونقل محصول تر به دلیل حجم بالای آن، در نظر گرفته شود.

در نهایت، اگر هدف اصلی از کاشت تریتیکاله، تأمین علوفه برای دام باشد، ممکن است حتی با وجود زیان اقتصادی در مرحله تولید، مزایای مرتبط با تغذیه دام و ارزش غذایی محصول تر، توجیه‌پذیری روش برداشت تر را در قالب زنجیره تولید دام و در چارچوبی کلان‌تر فراهم سازد. بررسی این موضوع مستلزم بازنگری در اهداف تولید و انجام تحلیل‌های اقتصادی جامع‌تری است.

سپاس گزاری

این مقاله بخشی از یافته‌های پروژه‌های تحقیقاتی به شماره مصوب: ۹۸۱۲۷۸-۲۸۹-۰۳۰۴-۶۰-۰۳۴ در موسسه تحقیقات برنج کشور می‌باشد. نویسنده مراتب قدردانی خود را بابت حمایت‌های اداری و مالی ابراز می‌نماید.

References

1. Abyar, N. M., and Saberi, A. 2022. Economic study of production of new and forgotten forage products in Golestan Province. Forage and Animal Feed Extension Journal, 2(1), pp: 4-13. (In Persian).

2. Almassi, M., Kiani, S., and Loveimi, N. 2008. Principles of Agricultural Mechanization. Jungle, Tehran. (In Persian).

3. Amar, T., Qureishi Minabad, M. B. and Bagheri Kudakani, S. 2013. Evaluation of factors affecting the development of second cultivation in the Shaft Township. Journal of Studies of Human Settlements Planning, 8(23), pp: 89-102. (In Persian).

4. Anabestani, A. and Seifi, H. 2010. Role of second cultivation in rural area economics. Geography and Environmental Planning 22 (4): pp: 113-126. (In Persian). https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20085362.1390.22.4.7.4.

5. Dehgan, E. and Rahnama, A. 2009. The effect of planting methods and seed rates on yield of canola in saline soil. Journal of Agricultural Engineering Research, 10(2): 11-30. (in Persian with English abstract).

6. Ebrahimi, M. S., Parastar, A. and Jafari, H. 2009. Development of second cultivation on paddy field, appropriate strategy to increase farmers' income. Brzegar 1029: pp: 74-77. (In Persian).

7. Emaam Y. 2004. Cereal Agronomy. Shiraz University Publications. (In Persian).

8. Gardner, W. K., Drenedel, M. F., and McDonald, G. K. 1994. Growth and yield response of grain legumes to different soil management practices after rainfed lowland rice. J. Exp. Agric., 34, 41-48.

9. Garrity, D. P., and Pernito, R. 1996. Mungbean response to surface drainage when grown as pre-rice crop on waterlog-prone ricelands. Agric. Water Management, 29, 299-314.

10. Hosseinjani, A. and Ebrahimian, R. 2009. Investigation on role of second cultivation in sustainable agriculture and safety production in Guilan province. Proceedings of the First National Conference on Sustainable Agriculture and Safety Production. October 27-28, Isfahan Research Center of Agriculture and Natural Resources. (In Persian).

11. Mehri Ahangar Mahaleh, F. 2012. Developing of agronomic model to develop second cultivation based on socioeconomic indices in Talesh County. M. Sc. Dissertation. Dept. of Agricultural Management, Faculty of Agriculture, Rasht Branch, Islamic Azad University. (In Persian).

12. Mohammad Ghasemi, M. Kohkan, S. A. Akbar-e Moghadam, H. Rostami, H. and Goli Mahmoudi, H. 2008. Cost-Benefit Analysis of Agricultural Product Performance in Sistan and Baluchestan: A Case Study of Triticale, Noomar Barley, and Hamoun Wheat. Journal of Rural and Development, 11(4), pp: 71-88. (in Persian).

13. Mostofipour, P., and Heidari, M. 1988. Investigating the effect of agricultural operations and Barsim clover cultivation after rice planting on the population and biomass changes of overwintering larvae of rice stem borer in Mazandaran province. Pests and Plant Diseases, 56(1-2). (In Persian).

14. Naddaf Fahmideh, S., Allahyari, M., Ansari, M. H., and Kavoosi Kalashami, M. 2015. The Socio-economic effects of accepting the second culture after rice in Fouman Township. Cereal Research, 5(2), 121-130. (in Persian with English abstract). https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22520163.1394.5.2.2.5.

15. Rabiee, M., and Ebrahimi, M. 2023. Local beans are a suitable crop for cultivation after harvesting rice in paddy fields. Paddy Field Extension Magazine, 5(1), 29-35. (In Persian).

16. Rabiee, M., and 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 with English abstract). 10.22047/srjasnr.2025.218189.

17. Rabiee, M., and Shaker Kouhi, S. 2025. Evaluation of Morphological Traits, Yield and Yield Components of Faba Bean (Vicia faba L.) under Different Levels of Chemical Fertilizers in Paddy Fields. Iranian Journal of Pulses Research, 16 (1), 55-69. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.89419.1096.

18. Soltani, G.R., 2008. Engineering Economics. Volume 11, Publication of Shiraz University, 328 p. (in Persian).

19. Yazdani, M. R., Ghodsi, M., and Mousavi, S. F. 1985. Comparison of the type and spacing of surface drainage in rapeseed cultivation after rice cultivation in Rasht. Journal of Agricultural Sciences and Technologies and Natural Resources, 1, 11.1. (In Persian).

20. Yousefi, R., and Hosseini Chaleshtori, M., 2020. Technical Guidelines for the Production of Triticale as a Second Crop in Paddy Fields (Hot and Humid Climate). Publications of the Rice Research Institute of Iran. P. 36. (In Persian).

21. Yousefi, R., 2025. Suitable plants as a second crop after Rice in the Paddy Fields of Guilan Province. Journal of Environmental Sciences Studies (JESS), 10(3), 10631-10643. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22034/jess.2025.540405.2393.

22. Zare Chenijani, A. 2008. Investigation of planting date and suitable variety of rapeseed in rotation with rice [Master's thesis, Agriculture]. p. 123. (In Persian).

23. Zareneh, H., and Akhavan, H. 1982. A new perspective on the cultivation of Barsim clover as a second crop after rice in Mazandaran province. Comprehensive agricultural development plan for the Caspian Sea coastal region. (In Persian).