University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 13, No. 1, Spring 2023 (31-45)
doi: 10.22124/CR.2023.24292.1766
pISSN: 2252-0163 eISSN: 2538-6115

RESEARCH PAPER OPEN ACCESS

Technical and economic investigation of raised bed planting (on high ridge) of irrigated wheat and conventional drills (Case study: Pars Abad county)

Parviz Golparast[1], Mahdi Khani[2*], Jabraeil Taghinazhad[3], and Narges Banaeian[4]

1. M.Sc. Student, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Assistant Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran (* Corresponding author: mahdikhani@guilan.ac.ir)
3. Research Assistant Professor, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ardabil, Iran
4. Assistant Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

Comprehensive abstract

Introduction

Wheat is considered as a strategic plant in many countries including Iran. This crop has a special role in feeding and supplying energy to many people in world. In addition to economic aspects, the production of this crop is very important in term of food security. Due to the increase in global population and limited resources, serious efforts are being made to optimize agricultural processes and improve their productivity. In this regard, cultivation on high permanent ridges, known as "raised bed" planting, has been proposed as a new and efficient method in the production of various plants such as wheat. In many regions of the world including Iran, water is the most important limitation in agricultural productions. Raised bed cultivation method can improve water use efficiency. Therefore, in addition to the role of this method in improving yield per unit area, it is possible to produce more product with the available water resources. Also, in this method, preparation of seedbed and deep tillage is only needed in the first year to create ridges, and therefore energy consumption is also reduced in the following years. Regarding the effects of raised bed planting method, several studies have been conducted on different crops in some regions of the world, but due to the lack of consensus among these researches and the low generalizability of the results in the field of agriculture, it is necessary to conduct separate studies for each region and each crop. In the present study, the effect of raised bed planter in comparison with conventional grain drills was investigated on the quality of planting, water consumption, yield, costs, and economic profit of irrigated wheat cultivation.

Materials and methods

To investigate the performance of different planters in a rotation system based on irrigated wheat, an experiment was carried out in a randomized complete block design with three treatments and four replications in Moghan agro-industry, Pars Abad county, Ardabil province, Iran, in 2021-2022 crop year. The treatments included planting with raised bed planter (four rows on a 75 cm width ridge), a typical grain drill (three rows on a 60 cm width ridge), and a grain drill without furrower (seeding + furrowing). The measured traits included field capacity, seed breakage rate, germination percentage, seed distribution uniformity coefficient (horizontal and vertical), water use efficiency, number of spikes per unit area, number of seeds per spike, grain yield and harvest index. Partial budgeting method and final rate of return were used for economic evaluation, and comparison of means were done by LSD test. Excel and SPSS softwares were used for economic and statistical analysis.

Research findings

The results showed that raised bed planting had a significant effect on most of the yield components at 5% probability level, and on harvest index and grain yield at 1% probability level. The highest grain yield (8611.75 $kg.ha^{-1}$) was obtained using raised bed planter, which was 7% and 8% more than the second and third planting methods, respectively. The harvest index for these three methods was 47.54%, 42.62% and 41.26%, respectively. The results of the economic analysis showed that the application of raised bed planter was the most profitable. The net profit from these three cultivation methods was 87.85, 51.91 and 42.51 million rials per hectare, respectively. The final return rate of replacement of the raised bed planter compared to the conventional seed drill and the seed drill without furrower was also calculated 123.95% and 173.73%, respectively.

Conclusion

The use of raised bed planter resulted in a significant increase in net profit in the first year, but multi-year studies are needed for a more comprehensive investigation. The need for deeper tillage and the preparation of high ridges in the first year, as well as the high price and low field capacity of the planter, increased the costs of the seedbed preparation and planting operations, but the reduction in seed consumption to some extent moderates this increase in cost. In contrast, the increase in revenue resulting from a significant increase in crop yield was much greater than the cost changes. In addition to increasing the direct profit of farmers, saving water and energy in the raised bed cultivation method is another reason for the preference of this method over the conventional methods, because farmers do not pay the real cost of these two inputs. However, more studies are needed to remove the obstacles to the expansion of this cultivation method.

Key words: Food security, Net profit, Planter, Water use productivity

Received: November 09, 2022 Accepted: March 13, 2023

Cite this article:

Golparast, P., Khani, M., Taghinazhad, J and Banaeian, N. 2023. Technical and economic investigation of raised bed planting (on high ridge) of irrigated wheat and conventional drills (Case study: Pars Abad county). *Cereal Research*, 13(1), pp. 31-45.

تحقیقات غلات
دوره سیزدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۲ (۴۵-۳۱)
doi: 10.22124/CR.2023.24292.1766
دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی
مقاله پژوهشی
دسترسی آزاد

بررسی فنی و اقتصادی کاشت گندم آبی با خطی‌کار رایزبد (کشت روی پشته‌های بلند) و خطی‌کارهای رایج (مطالعه موردی: شهرستان پارس‌آباد)

پرویز گلپرست[۱]، مهدی خانی[۲*]، جبرائیل تقی‌نژاد[۳] و نرگس بنائیان[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران (*نویسنده مسئول: mahdikhani@guilan.ac.ir)
۳- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
۴- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

چکیده جامع

مقدمه: گندم در بسیاری از کشورها از جمله ایران، به‌عنوان یک محصول راهبردی تلقی می‌شود و نقش ویژه‌ای در تغذیه و تأمین انرژی بخش قابل توجهی از مردم جهان دارد. علاوه بر جنبه‌های اقتصادی، تولید این محصول اهمیت بالایی از نظر تأمین امنیت غذایی دارد. با توجه به افزایش جمعیت جهانی و محدودیت منابع، تلاش‌های جدی برای بهینه‌سازی فرآیندهای کشاورزی و بهبود بهره‌وری آن‌ها در حال انجام است. در این راستا، کشت روی پشته‌های دائمی مرتفع که با نام رایزبد (Raised Bed) شناخته می‌شود، به‌عنوان یک روش نوین و کارآمد در تولید محصولات مختلف از قبیل گندم مطرح شده است. در بسیاری از مناطق جهان از جمله ایران، بزرگ‌ترین محدودیت تولید محصولات کشاورزی، آب است. کشت رایزبد می‌تواند باعث بهبود بهره‌وری مصرف آب شود و در نتیجه می‌توان با منابع آبی در دسترس، محصول بیش‌تری تولید کرد که البته این افزایش تولید، به‌غیر از نقش این روش در بهبود عملکرد در واحد سطح است. همچنین، در این روش فقط در اولین سال تشکیل پشته‌ها نیاز به عملیات تهیه بستر عمیق است و با حذف نیاز به خاک‌ورزی عمیق در سال‌های بعد، مصرف انرژی نیز کاهش می‌یابد. در رابطه با اثرات مختلف روش کشت رایزبد، مطالعات محدودی در برخی مناطق جهان و روی محصولات مختلفی صورت گرفته است، اما نبود اجماع میان این پژوهش‌ها و نیز تعمیم‌پذیری پایین نتایج در حوزه کشاورزی، این نیاز را ایجاد می‌کند که مطالعات جداگانه‌ای برای هر منطقه و هر محصول انجام شود. در مطالعه حاضر، اثر استفاده از خطی‌کار ویژه کشت رایزبد در مقایسه با بذرکارهای مرسوم روی کیفیت کاشت، مصرف آب، عملکرد، هزینه‌ها و سود اقتصادی کشت گندم آبی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی عملکرد بذرکارهای مختلف در یک سیستم تناوبی مبتنی بر گندم آبی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و چهار تکرار در کشت و صنعت مغان واقع در شهرستان پارس‌آباد استان اردبیل در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارها شامل کاشت با خطی‌کار رایزبد (چهار خط روی پشته‌های بلند به‌عرض ۷۵ سانتی متر)، کاشت با خطی‌کار معمولی غلات (سه خط روی پشته‌هایی به‌عرض ۶۰ سانتی‌متر) و کاشت با خطی‌کار غلات فاقد جوی و پشته‌ساز (بذرکاری + جوی و پشته‌سازی) بودند. صفات اندازه‌گیری شده شامل ظرفیت مزرعه‌ای کارنده، میزان شکستگی

بذر، ضریب یکنواختی توزیع بذر (افقی و عمودی)، درصد سبزشدگی، کارایی مصرف آب، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود. برای تحلیل مالی (ارزیابی اقتصادی) از روش بودجه‌بندی جزئی و نرخ بازده نهایی استفاده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد. برای تجزیه‌وتحلیل اقتصادی و آماری داده‌ها، از نرم‌افزارهای Excel و SPSS استفاده شد.

یافته‌های تحقیق: نتایج نشان داد که اثر کاشت روی پشته‌های بلند بر بیش‌تر صفات مربوط به اجزای عملکرد در سطح احتمال پنج درصد و بر شاخص برداشت و عملکرد محصول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد گندم در کاشت با خطی‌کار رایزبد با میانگین ۸۶۱۱/۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به روش‌های دوم و سوم به‌ترتیب هفت و هشت درصد بیش‌تر بود. شاخص برداشت در این سه روش کاشت، به‌ترتیب ۴۷/۵۴، ۴۲/۶۲ و ۴۱/۲۶ درصد به‌دست آمد. نتایج تحلیل مالی نشان داد که استفاده از بذرکار رایزبد بیش‌ترین سودآوری را به‌همراه داشت. سود خالص حاصل از این سه روش کشت به‌ترتیب ۸۷/۸۵، ۵۱/۹۱ و ۴۲/۵۱ میلیون ریال در هکتار بود. نرخ بازده نهایی جایگزینی کاربرد بذرکار رایزبد نسبت به بذرکار معمولی و بذرکار فاقد جوی‌وپشته‌ساز نیز به‌ترتیب ۱۲۳/۹۵ و ۱۷۳/۷۳ درصد محاسبه شد.

نتیجه‌گیری: استفاده از خطی‌کار رایزبد در همان سال اول باعث افزایش قابل‌توجه در سود خالص می‌شود، ولی برای بررسی جامع‌تر، نیاز به مطالعات چندساله دارد. نیاز به خاک‌ورزی عمیق‌تر و تشکیل پشته‌های بلند در اولین سال و نیز قیمت بالا و ظرفیت مزرعه‌ای پایین خطی‌کار رایزبد، باعث افزایش هزینه‌های عملیات تهیه بستر و کاشت شد، اما صرفه‌جویی در مصرف بذر تا حدودی تعدیل‌کننده این افزایش هزینه بود. در مقابل، افزایش درآمد حاصل از افزایش معنی‌دار عملکرد محصول، بسیار بیش‌تر از تغییرات هزینه بود. علاوه بر افزایش سود مستقیم کشاورزان، صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی در روش کاشت رایزبد، از دیگر دلایل اولویت این روش نسبت به روش‌های مرسوم است، زیرا کشاورزان هزینه واقعی این دو نهاده را پرداخت نمی‌کنند. به هر حال، برای رفع موانع گسترش این روش کاشت، به مطالعات بیش‌تری نیاز است.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، بهره‌وری مصرف آب، سود خالص، کارنده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

نحوه استناد به این مقاله:

گلپرست، پرویز، خانی، مهدی، تقی‌نژاد، جبرائیل و بنائیان، نرگس. ۱۴۰۲. بررسی فنی و اقتصادی کاشت گندم آبی با خطی‌کار رایزبد (کشت روی پشته‌های بلند) و خطی‌کارهای رایج (مطالعه موردی: شهرستان پارس‌آباد). *تحقیقات غلات*، ۱۳(۱): ۴۵-۳۱.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) از قدیمی‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان زراعی جهان و مهم‌ترین منبع غذایی انسان است که در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کند و دارای بیش‌ترین پراکندگی در دنیا است. گندم یکی از محصولات مهم غذایی است که ۲۰ درصد کالری جهان را تأمین می‌کند (Shiferaw *et al*., 2013). سطح زیر کشت گندم در جهان در سال ۲۰۱۹ حدود ۲۱۵ میلیون هکتار با مجموع تولید ۷۶۵ میلیون تن و عملکرد ۳/۵ تن در هکتار بود (FAO, 2019). در ایران نیز اراضی تحت کشت گندم، در مجموع نیمی از اراضی زراعی کشور را تشکیل می‌دهند که از این اراضی، حدود ۳۶ درصد آبی و ۶۴ درصد دیم هستند. بخش زیادی از این زمین‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور قرار گرفته است که در این مناطق به‌علت کمبود منابع آبی و در نتیجه خشکی محیط، تولید گندم شدیداً کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، کل سطح زیر کشت گندم کشور ۶/۷۳ میلیون هکتار با تولید ۱۱/۹۲ میلیون تن بوده است که از این میزان، ۲/۳۶ میلیون هکتار با مقدار تولید ۸/۱۷ میلیون تن، مربوط به کشت آبی بود. کل سطح زیر کشت گندم در استان اردبیل نیز حدود ۳۱۴ هزار هکتار است که ۹۱۴۰۱ هکتار به‌صورت آبی و ۲۲۲۷۸۸ هکتار به‌صورت دیم کشت می‌شود و میزان تولید آن‌ها به‌ترتیب ۴۱۴۱۴۸ و ۲۰۳۷۱۰ تن است (Ahmadi *et al*., 2020).

یکی از اهداف زیربنایی تولید در بخش کشاورزی و رسیدن به خودکفایی در محصولات راهبردی مانند گندم، اجرای سیستم‌های نوین کاشت است که موجب افزایش بهره‌وری و پایداری تولید می‌شود. برای افزایش تولید گندم در واحد سطح، استفاده از فناوری و نوآوری ماشینی در امور کشاورزی می‌تواند تاثیرگذار باشد (Asoodar *et al*., 2006). اولویت‌های به‌کارگیری روش‌های مکانیزه کاشت در تولید محصول، با توجه به شرایط فنی، اقتصادی و اجتماعی هر جامعه مشخص می‌شود. علاوه بر به‌کارگیری فناوری مکانیزه، می‌توان از روش‌های نوین کاشت نیز جهت کاهش هزینه‌ها و افزایش عملکرد محصول و راندمان تولید استفاده کرد. یکی از روش‌های نوین برای حل مشکلات مربوط به محدودیت منابع، استفاده از خطی‌کار رایزبد (Raised bed) برای کاشت روی پشته‌های بلند است که معمولاً برای کاشت گندم در شرایط آبی و پرباران در کشور استفاده می‌شود (Eyvani and Dehghan, 2018). هدف اصلی از اجرای این روش، افزایش بهره‌وری نهاده‌ها و صرفه‌جویی در میزان مصرف آب آبیاری است (Asadi, 2018). در روش کشت جوی‌وپشته‌ای مرسوم، در ابتدای فصل کشت در هر سال، عملیات خاک‌ورزی به‌طور کامل انجام شده و دوباره پشته‌های جدیدی ساخته می‌شوند، اما در کشت رایزبد، پهنای جوی و پشته‌ها و ارتفاع پشته‌ها بیش‌تر از روش مرسوم است و بعد از ایجاد آن‌ها در سال اول، سعی می‌شود همان پشته‌ها برای چند سال دیگر نیز نگهداری و روی آن‌ها کشت شود. بنابراین به‌دلیل کاهش عملیات تهیه بستر در مقیاس چندساله، انتظار می‌رود در مصرف انرژی نیز صرفه‌جویی شود.

تخریب خاک و کمبود آب، دو مشکل عمده کشاورزی کشور هستند که با ادامه روند نامناسب روش‌های مرسوم تهیه زمین، این دو مشکل تشدید خواهند شد. همچنین شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک اکثر مناطق کشور و خشک‌سالی‌های اخیر مزید بر علت شده است تا بحران‌های خاک و آب در کشور بیش‌تر احساس شوند. روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه کاشت روی پشته‌های دائمی بلند با توجه به مزیت‌هایی آن، می‌توانند به حل این مشکلات کمک کنند (Afzalinia *et al*., 2016; Afzalinia and Karami, 2018). نتایج تحقیقات انجام شده در خاک‌های رسی شمال غرب مکزیک نشان داد که میزان مصرف بذر در روش کشت روی پشته، ۶۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که نصف مصرف بذر در روش کاشت مرسوم است (Aquino, 1998). مقایسه کشت مسطح و پشته‌ای گندم در اصفهان نیز نشان داد که بین این الگوها تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد وجود نداشت (Asadi Khoshoei *et al*., 2006). سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2010) گزارش کردند که کاشت روی پشته‌های دائمی منجر به افزایش ۱۵ درصدی عملکرد محصول، افزایش ۲۵ درصدی کارایی مصرف آب، افزایش ماده آلی خاک و کاهش ۳۰ درصدی مصرف انرژی نسبت به روش کاشت مرسوم در شرایط باران‌های موسمی هند شد. بررسی اثر مقادیر مختلف آبیاری بر عملکرد و راندمان مصرف آب ذرت کاشته شده روی پشته‌های بلند در ترکیه نشان داد که آبیاری بر اساس ۱۲۰ درصد تبخیر و تعرق، بیش‌ترین عملکرد و راندمان آبیاری را داشت (Bozkurt *et al*., 2011). نتایج مقایسه کاشت گندم روی پشته (سه ردیف و چهار ردیف) با خطی‌کاری و بذرپاشی در استان

خوزستان نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین این روش‌ها از نظر عملکرد گندم وجود نداشت (Habibi Asl and Dehghan, 2012). مقایسه اثر کاشت گندم روی پشته‌های بلند و خاک‌ورزی مرسوم در استان فارس، اختلاف معنی‌داری را بین این دو روش نشان نداد (Solhjou and Javadi, 2016). مقایسه اثر الگوهای مختلف کاشت بر عملکرد گندم در زنجان نیز نشان داد که کاشت سه ردیف روی پشته نسبت به کاشت یک ردیف روی پشته و کاشت در داخل جوی، عملکرد بیش‌تری داشت (Yousefi *et al*., 2016). کومار و همکاران (Kumar *et al*., 2018) نشان دادند که کاشت روی پشته‌های عریض در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، کارایی مصرف آب گندم را به‌طور متوسط ۳۹ درصد افزایش داد.

اهمیت گیاه گندم به‌عنوان یک محصول با ارزش در تغذیه انسان و وجود محدودیت در منابع آب، باعث شده است که استفاده از روش‌های کم‌آبیاری و انتخاب روش کاشت مناسب در تولید گندم، نقش تعیین کننده‌ای در تامین امنیت غذایی، به‌ویژه در کشورهایی مانند ایران داشته باشد، زیرا ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا قرار گرفته و طی سال‌های اخیر خشک‌سالی‌های زیادی را تجربه کرده است و روز به روز از منابع آبی کشور کاسته شده است. بنابراین، هدف از اجرای این پژوهش، بررسی اثر کشت روی پشته‌های بلند با استفاده از بذرکار ویژه در مقایسه با دو روش مرسوم کاشت گندم آبی از جنبه‌های مختلف از قبیل بهره‌وری مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد، هزینه‌ها و سود خالص تولید بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محل انجام این پژوهش، کشت و صنعت مغان واقع در شهرستان پارس‌آباد در استان اردبیل بود. شهرستان پارس‌آباد در قسمت شمالی جلگه مغان قرار گرفته و با مساحت ۱۵۵۴ کیلومتر مربع، شمالی‌ترین شهرستان استان اردبیل است و فاصله این شهر از مرکز استان اردبیل ۲۲۰ کیلومتر می‌باشد. این شهرستان از شمال به رودخانه ارس و جمهوری آذربایجان، از غرب به شهرستان کلیبر در استان آذربایجان شرقی، از شرق به جمهوری آذربایجان و از جنوب و جنوب‌غربی به شهرستان بیله‌سوار محدود می‌شود. از لحاظ موقعیت جغرافیایی نیز بین ۳۹ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهارگرینویچ واقع شده است و ارتفاع آن از سطح دریای آزاد به‌طور متوسط ۴۵ متر است.

طرح کلی آزمایش

به‌منظور بررسی عملکرد بذرکارهای مختلف در یک سیستم تناوبی مبتنی بر گندم آبی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و چهار تکرار در مزارع کشت و صنعت مغان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای پژوهش شامل کاشت گندم با: ۱) خطی‌کار رایزبد (چهار خط روی پشته‌های بلند به‌عرض ۷۵ سانتی‌متر)، ۲) خطی‌کار معمولی غلات (سه خط روی پشته‌هایی به‌عرض ۶۰ سانتی‌متر)، و ۳) خطی‌کار غلات فاقد جوی و پشته‌ساز (بذرکاری + دیسک) بود. مشخصات بذرکارهای مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ ارایه شده است. میزان کود مصرفی بر اساس نیاز گیاه و بر پایه آزمون شیمیایی خاک تعیین شد. بدین‌ترتیب ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم فسفر از منبع کود دی فسفات آمونیوم، ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم از منبع کود سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی مصرف شد. نصف کود اوره همراه با کل مقدار فسفات، پتاسیم و روی، همزمان با کاشت و بقیه کود نیتروژن به‌صورت سرک به‌طور مساوی در دو مرحله پنجه‌زنی و ساقه رفتن گیاهان مصرف شد.

جدول ۱- مشخصات فنی بذرکارهای مورداستفاده

Table 1. Technical characteristics of the used planters

Planter Type	Manufacturer company	No. of worker units	Row distance (cm)	Working width (m)	Connection type	Pressing and covering wheel	Opener type	Mettering type
Raised-bed drill	Tarashkadeh	16	18.75	3	Mounted	Roller	Runner	Grooved-roller
Grain drill	Barzegar	15	20	3	Mounted	Chain	Runner	Grooved-roller
Grain drill without farrow	Gaspardo	25	16	4	Mounted	Chain	Runner	Grooved-roller

پارامترها و صفات مورد اندازه‌گیری شامل میزان بذر مصرفی، ظرفیت مزرعه‌ای موثر کارنده‌ها، درصد سبز شدن بذر، ضریب یکنواختی توزیع بذر (افقی و عمودی)، تعداد پنجه در بوته، وزن هزار دانه، میزان آب مصرفی، عملکرد دانه و بیولوژیکی (کل ماده خشک تولیدی شامل وزن خشک ساقه، برگ‌ها و سنبله در واحد سطح) و بهره‌وری مصرف آب بودند.

روش‌های اندازه‌گیری پارامترها

درصد شکستگی و صدمات مکانیکی وارده به بذر

در این آزمایش، اندازه‌گیری میزان شکستگی بذرها به صورت استاتیکی انجام شد. برای این منظور، ابتدا هر دستگاه خطی‌کار در شرایط کاشت قرار گرفت و بعد از بستن کیسه‌هایی زیر لوله‌های سقوط، چرخ محرک خطی‌کار به‌اندازه ۲۰ دور چرخانده شد. با جمع‌آوری مقداری از بذرهای خروجی از موزع هر دستگاه و جداسازی بذرهای سالم و شکسته، درصد شکستگی بذر با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Taghinazhad *et al*., 2020):

$$A = \frac{n}{N} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن، A درصد شکستگی بذر، n تعداد بذر شکسته‌شده خروجی از موزع و N تعداد کل بذرهای خروجی است.

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر

هم‌زمان با شروع کار تراکتور در هر کرت آزمایشی، برای هر کدام از بذرکارها زمان کاشت با زمان‌سنج اندازه‌گیری و سپس ظرفیت مزرعه‌ای موثر ادوات بر اساس رابطه (۲) محاسبه شد (Taghinazhad *et al*., 2020):

$$FC_e = \frac{A}{T_t} \qquad (۲)$$

که در آن، A سطح کار شده بر حسب هکتار، T_t کل زمان صرف شده برحسب ساعت و FC_e ظرفیت مزرعه‌ای موثر بر حسب هکتار در ساعت است.

اندازه‌گیری درصد سبز شدگی

جهت تعیین درصد سبز گیاه، پس از سبز شدن و استقرار بوته‌ها در سطح مزرعه، به‌طور تصادفی در چندین نقطه میانی کرت‌ها، تعداد بوته سبز شده در هر متر طول ردیف‌ها شمارش شد. سپس با داشتن قوه نامیه و درصد خلوص و با توجه به مشخص‌بودن مقدار بذر کاشته شده در مساحت مورد نظر (مثلاً یک متر مربع)، درصد سبز گیاه با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Zarifneshat *et al*., 2015):

$$PE = \frac{m}{N \times V \times P} \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن، PE درصد جوانه‌زدن بذرها در خاک (سبز شدن مزرعه)، m تعداد بذرهای جوانه‌زده یا گیاهچه‌های شمرده شده در واحد سطح، N تعداد بذرهایی که به‌صورت اسمی در واحد سطح کشت شدند، V قوه نامیه بذر و P خلوص بذر است.

یکنواختی توزیع بذرها

جهت اندازه‌گیری توزیع افقی بذرها، از یک کادر به ابعاد مشخص (واحد سطح) استفاده شد. برای این منظور، پس از سبز شدن تمام بذرهای کاشته شده، در ۲۰ نقطه تصادفی از خطوط میانی هر کرت، فاصله بوته‌ها روی ردیف موازی (فاصله هر بوته نسبت به نزدیک‌ترین بوته مجاور) اندازه‌گیری شد. همچنین پس از سبز شدن تمام بذرهای کاشته شده در ۲۰ نقطه از هر کرت، بوته‌هایی به‌صورت تصادفی از زمین بیرون کشیده و عمق کاشت (از محل قرارگیری بذر تا آن قسمت از ساقه که در اثر فقدان نور سبز نشده بود) اندازه‌گیری شد. یکنواختی توزیع افقی و عمودی (عمق کاشت) با استفاده از روابط (۴) و (۵) محاسبه شدند (Senapati *et al*., 1992):

$$SD_S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}{n}}{n-1}} \qquad (۴)$$

$$SSE = \frac{\overline{X}_a - SD_S}{\overline{X}_a} \qquad (۵)$$

در این روابط، SD_S انحراف معیار فاصله‌ها، X_i فاصله اندازه‌گیری شده در نقطه i، n تعداد نمونه‌ها (فاصله‌های اندازه‌گیری شده)، SSE میزان یکنواختی در شاخص موردنظر و $\overline{X}_a$ میانگین فاصله‌های اندازه‌گیری شده است.

محاسبه آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب

برای اندازه‌گیری میزان آب مصرفی کاربردی در محصول گندم از ابزار اندازه‌گیری پارشال فلوم (Parshall flume) استفاده شد که با نصب آن در ورودی و خروجی مزرعه، دبی عبوری هر دوره برآورد شد.

بهره‌وری دارای مفهومی اقتصادی است و بیانگر میزان تولید به ازای واحد نهاده است. در این پژوهش دو نهاده آب مصرفی و تولید گندم در هر یک از تیمارها به‌صورت

مجزا مد نظر قرار گرفت. بهره‌وری مصرف آب (بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب) با تقسیم میزان تولید محصول بر آب مصرفی به‌دست آمد (Eslami, 2016). به‌عبارت دیگر با تعیین نسبت بین عملکرد دانه به میزان آب مصرفی، کارایی مصرف آب با استفاده از رابطه (۶) محاسبه شد (Parchami Araghi *et al*., 2022):

$$WUE = \frac{GY}{WU} \qquad (۶)$$

که در آن، WUE کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)، GY عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و WU میزان آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) است.

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

برای تعیین عملکرد، سه نمونه با مساحت یکسان (هر کدام یک مترمربع) از قسمت یکنواخت مزرعه انتخاب و بوته‌های آن‌ها برداشت و با توزین بوته‌های برداشت شده، عملکرد زیستی محاسبه شد. سپس بوته‌های هر نمونه توسط کمباین آزمایشی، خرمن‌کوبی و دانه‌های حاصل توزین شد. از تفاوت عملکرد زیستی (کاه + دانه) و عملکرد دانه، میزان کاه تولید شده در هکتار محاسبه شد. برای تعیین وزن هزار دانه، تعداد ۱۰۰۰ دانه تصادفی با استفاده از دستگاه بذرشمار مدل SLY-C شمارش و وزن آن‌ها به‌دست آمد. ابعاد بذر قابل شمارش توسط این دستگاه بین ۴ تا ۱۰ میلی‌متر است و با استفاده از لیزر مادون قرمز، بذرها را شمارش می‌کند و برای شمارش ۱۰۰۰ دانه، نیاز به سه دقیقه زمان دارد.

برای محاسبه تعداد سنبله در واحد سطح، سه نمونه تصادفی یک متر مربعی از هر کرت در زمان برداشت محصول، انتخاب و تعداد سنبله‌های موجود در آن‌ها شمارش و سپس با میانگین‌گیری از آن‌ها، متوسط تعداد سنبله در متر مربع برای هر کرت آزمایشی به‌دست آمد. جهت تعیین تعداد دانه در سنبله نیز تعداد ۱۰ سنبله تصادفی از هر کرت، انتخاب و پس از شمارش تعداد کل دانه‌ها در تمامی سنبله‌ها، متوسط تعداد دانه در سنبله محاسبه شد. برای تعیین ارتفاع بوته نیز ۲۰ بوته تصادفی از هر کرت انتخاب و پس از اندازه‌گیری ارتفاع آنها از ناحیه طوقه تا انتهای سنبله، متوسط ارتفاع این ۲۰ بوته بر حسب سانتی‌متر در هر کرت ثبت شد. شاخص برداشت نیز با نسبت عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) به عملکرد زیستی در هر یک از واحدهای آزمایشی بر اساس رابطه (۷) محاسبه شد (Asoodar *et al*., 2006):

$$HI = \frac{Y_G}{Y_B} \times 100 \qquad (۷)$$

که در آن، HI شاخص برداشت، Y_G عملکرد اقتصادی و Y_B عملکرد زیستی است.

تحلیل مالی

به‌منظور تعیین بهترین تیمار کاشت گندم از نظر عملکرد مالی (اقتصادی‌ترین تیمار) در بین بذرکارهای مورد بررسی، داده‌های مربوط به هزینه‌های برداشت و همچنین میزان منافع هر یک از تیمارها (شامل ارزش دانه تلف شده توسط سیستم‌های مختلف کاشت، زمان صرفه‌جویی شده و سایر شاخص‌هایی که قابل کمی کردن و ارزش‌گذاری بودند)، جمع‌آوری و سپس وضعیت مالی (اقتصادی) هر تیمار با استفاده از روش‌های زیر، ارزیابی و مقایسه شد: الف- ارزش کنونی منافع هر یک از تیمارها، ب- روش بودجه‌بندی جزئی، ج- تجزیه و تحلیل ارجحیت سرمایه‌گذاری، و د- تجزیه و تحلیل نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری. لازم به ذکر است که به‌علت استفاده نکردن از قیمت‌های سایه‌ای، از عبارت تحلیل مالی به‌جای ارزیابی اقتصادی استفاده شده است که تناسب بیش‌تری با مبنا قرار دادن قیمت‌های بازاری در این مطالعه دارد.

در این تحقیق، تیماری انتخاب شد که دارای کم‌ترین هزینه، بیش‌ترین منافع خالص و بالاترین نرخ بازده نهایی بود. برای بررسی جایگزینی هر یک از روش‌ها از تحلیل فرضیهٔ اقتصادی و غیراقتصادی بودن (بررسی توجیه‌پذیری مالی) تیمارها استفاده شد تا تیمار برتر نسبت به تیمارهای دیگر انتخاب شود. برای محاسبه این شاخص‌ها از روابط (۸) الی (۱۳) استفاده شد (Dillon *et al*., 1993; Asadi and Mostofi-Sarkari, 2019):

$$BM = (B_{IS} - B_{TR}) \qquad (۸)$$

$$NBM = (NB_{IS} - NB_{TR}) \qquad (۹)$$

$$NB_{IS} = (B_{IS} - C_{IS}) \qquad (۱۰)$$

$$NB_{TR} = (B_{TR} - C_{TR}) \qquad (۱۱)$$

$$CM = (C_{IS} - C_{TR}) \qquad (۱۲)$$

$$MRR = \frac{NBM}{CM} \times 100 \qquad (۱۳)$$

در این روابط، BM درآمد نهایی (هزار ریال در هکتار)، B_{IS} منافع تیمار برتر (هزار ریال در هکتار)، B_{TR} منافع تیمار با درجه اهمیت کم‌تر (هزار ریال در هکتار)، NBM تغییر درآمد خالص (یا درآمد خالص نهایی) بر حسب هزار

ریال در هکتار، NB_{IS} درآمد خالص تیمار برتر (هزار ریال در هکتار)، NB_{TR} درآمد (سود) خالص تیمار با درجه اهمیت کم‌تر (هزار ریال در هکتار)، C_{IS} هزینه تیمار برتر (هزار ریال در هکتار)، C_{TR} هزینه تیمار با درجه اهمیت کم‌تر (هزار ریال در هکتار)، CM تغییر هزینه (یا هزینه نهایی) بر حسب هزار ریال در هکتار، و MRR نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری و یا به تعبیر دقیق‌تر، عایدی متوسط (درصد) است. چنانچه نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری بالاتر از نرخ سود سپرده‌های بانکی باشد، سرمایه‌گذاری در تیمار با سود خالص بیش‌تر نسبت به تیمار دیگر (تیمار با سود خالص کم‌تر) ارجحیت دارد.

درآمد ناخالص کشت گندم، حاصل از فروش گندم و کاه است. عایدی حاصل از دانه، از حاصل‌ضرب عملکرد در قیمت فروش آن به‌دست آمد، ولی برای کاه طبق عرف منطقه، ارزش کلی کاه بر حسب مساحت زمین در نظر گرفته شد. به‌عبارت دیگر، وقتی که بین عملکرد کاه در مزارع مختلف، تفاوت مشهودی مشاهده نشد، مقدار ثابتی برای هر هکتار در نظر گرفته شد. با توجه وجود فاصله میان زمان پرداخت هزینه‌های کشت و زمان کسب درآمد حاصل از فروش محصول، ابتدا مقدار هزینه کل با توجه به نرخ تورم عمومی و بر مبنای زمان دریافت عایدی حاصل از فروش، معادل‌سازی شد و سپس در این روابط مورد استفاده قرار گرفت.

محاسبات آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و برای محاسبات اقتصادی و رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون LSD انجام شد.

نتایج وبحث

شاخص‌های فنی و زراعی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات عملکردی مورد بررسی در استفاده از سه نوع بذرکار (جدول ۲) نشان داد که اثر کاشت با خطی‌کارها روی صفات درصد شکستگی بذر، ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای، عمق کاشت، ضریب یکنواختی توزیع عمودی و افقی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) نیز نشان داد که میزان صدمات مکانیکی یا درصد شکستگی بذرها در خطی‌کار رایزبد (با چهار خط کاشت به‌عرض پشته ۷۵ سانتی‌متر)، خطی‌کار معمولی غلات (سه خط به‌عرض پشته ۶۰ سانتی‌متر) و خطی‌کار فاقد جوی و پشته‌ساز غلات به‌ترتیب برابر با ۰/۹۵، ۱/۴۹ و ۱/۵۳ بود. از لحاظ شاخص ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای، خطی‌کار غلات فاقد جوی و پشته‌ساز با ۱/۲۵ هکتار در ساعت نسبت به تیمارهای دیگر وضعیت بهتری داشت. مقایسه میانگین پارامترهای یکنواختی توزیع فاصله بذرها در کاشت با خطی‌کار رایزبد، خطی‌کار معمولی غلات و خطی‌کار فاقد جوی و پشته‌ساز به‌ترتیب برای توزیع عمودی (عمق کاشت) برابر با ۷۷/۴۵، ۷۱/۵۲ و ۶۸/۸۲ درصد و برای توزیع افقی برابر با ۸۳/۶۵، ۷۶/۸۰ و۷۴/۱۷ درصد بود (جدول ۳).

نتایج نشان داد که کاشت با خطی‌کار رایزبد روی پشته نسبت به دیگر بذرکارهای مورد استفاده از لحاظ بیش‌تر پارامترهای عملکرد بذرکارها به‌جز ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای، در شرایط برتری بود (جدول ۳). در مقابل ضعف ظرفیت مزرعه‌ای پایین خطی‌کار رایزبد، صرفه‌جویی در مصرف بذر، یک مزیت دیگر این خطی‌کار است، به‌طوری که میانگین بذر مصرفی در کاشت با خطی‌کار رایزبد نسبت به خطی‌کارهای مرسوم دیگر، به‌دلیل ساختار بذرکار و دقت عمل بالا، دارای بیش‌ترین مقدار کالیبره (در حدود ۲۰۰-۲۱۰ کیلوگرم در هکتار) بود. به‌عبارت دیگر، میزان بذر مصرفی در استفاده از سیستم کاشت روی پشته با خطی‌کار رایزبد به‌طور متوسط حدود ۳۰ درصد کاهش یافت. چه‌بسا همین مزیت بتواند به‌تنهایی ضعف ظرفیت مزرعه‌ای پایین این بذرکار را جبران کند. اگرچه اظهارنظر نهایی در رابطه با برتری روش‌های کاشت، باید بر اساس شاخص‌های اقتصادی انجام شود، زیرا عملاً اغلب مزیت‌ها و معایب گزینه‌های مختلف تصمیم‌گیری، در شاخص‌های اقتصادی پنهان هستند.

نتایج تجزیه واریانس اثر سه نوع بذرکار روی صفات زراعی مورد بررسی (جدول ۴) نشان داد که اثر کاشت با خطی‌کارها بر صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت (درصد وزن دانه‌ها به کل وزن ماده خشک تولید شده) در سطح احتمال یک درصد و بر صفات تعداد پنجه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد زیستی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). میانگین عملکرد دانه در خطی‌کار رایزبد، خطی‌کار معمولی غلات و خطی‌کار غلات فاقد جوی و پشته‌ساز (روش متداول) به‌ترتیب برابر با ۸۶۱۱/۷۵، ۸۰۴۷ و ۷۹۹۰/۵۰ کیلوگرم در هکتار و از لحاظ شاخص برداشت

به‌ترتیب برابر با ۴۷/۵۴، ۴۲/۶۲ و ۴۱/۲۶ درصد بود. در مجموع از لحاظ میانگین بیش‌تر صفات مربوط به اجزای عملکرد، بذرکار رایزبد نسبت به دیگر بذرکارهای مورد استفاده در شرایط بهتری قرار داشت (جدول ۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر خطی‌کار رایزبد و سایر بذرکارهای مورد بررسی بر پارامترهای عملکردی در کاشت گندم آبی

Table 2. Analysis of variance of the effect of raised bed planter and the other studied planters on yield parameters in cultivation of irrigated wheat

Source of variation	df	Seed breakage percentage	Effective field capacity	Germination percentage	Planting depth	Uniformity of seeds vertical distribution	Uniformity of seeds horizontal distribution
Replication	3	0.010	0.007	1.638	0.036	3.482	16.360
Planter	2	0.365**	0.185**	3.583 ns	2.253**	77.857**	95.725**
Error	6	0.021	0.002	2.138	0.198	1.159	5.202
CV (%)	-	10.74	3.93	1.152	10.08	1.48	2.91

ns, * and ** Not-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین پارامترهای عملکردی بین سه نوع بذرکار مورد استفاده در کاشت گندم آبی

Table 3. Comparison of means of yield parameters among three studied planters in cultivation of irrigated wheat

Treatment (planter)†	Seed breakage percentage	Effective field capacity	Germination percentage	Planting depth	Uniformity of seeds vertical distribution	Uniformity of seeds horizontal distribution
Raised-bed planter	0.98b	0.82c	97.00a	4.82a	77.45a	83.65a
Typical grain drill	1.49a	0.96b	95.25a	4.12a	71.52b	76.80b
Planting without furrowing	1.53a	1.25a	95.50a	3.32b	68.82c	74.17b

Means followed by similar letter in each column are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

بهبود عملکرد محصول گندم در حالت کشت روی پشته‌های بلند دائمی می‌تواند به عوامل مختلفی ارتباط داشته باشد که از میان آن‌ها می‌توان به نحوه انتقال آب اشاره کرد. در این حالت، آبیاری به‌صورت کاملاً نشتی انجام می‌گیرد. زمانی که زمین کاملاً غرقاب و یا حتی تا نزدیکی محل استقرار بذرها پر از آب باشد، عملاً در بخشی از زمان، خاک مزرعه اشباع می‌شود که باعث کاهش تهویه ریشه‌ها و افزایش فشردگی خاک می‌شود. اما در کشت رایزبد، حرکت آب به‌سمت ریشه‌ها از بالا به پایین نیست و به‌صورت جانبی است که باعث کاهش آسیب به ساختمان خاک می‌شود. همچنین با توجه به عرض بیش‌تر پشته‌ها و جوی‌ها، بخش کم‌تری از ناحیه گسترش ریشه تحت تأثیر فشار لاستیک تراکتور است و فشردگی کم‌تری ایجاد می‌شود. حتی له‌شدگی گیاه نیز در این حالت کم‌تر روی می‌دهد. از طرف دیگر، در این نوع بذرکار، درصد آسیب به بذرها کاهش می‌یابد و عمق قرارگیری بذرها یکنواخت‌تر می‌شود که این دو عامل درصد جوانه‌زنی بذرها را افزایش می‌دهد. این موضوع علاوه بر کاهش مصرف بذر، باعث یکنواختی فاصله طولی میان بوته‌ها روی خط کاشت می‌شود. فاصله منظم بین بوته‌ها باعث توزیع مناسب‌تر نور و دیگر منابع رشد میان آن‌ها می‌شود. بنابراین در کشت رایزبد، محیط مناسب‌تری برای رشد و نمو گیاه فراهم می‌شود و در نتیجه عملکرد محصول و سود اقتصادی کشت گیاه افزایش می‌یابد.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر سه نوع بذرکار مورد استفاده در کاشت گندم آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب

Table 4. Analysis of variance of the effect of three studied planters in cultivation of irrigated wheat on yield, yield components and water use efficiency

Source of variation	df	No. of tillers per plant	Plant height	No. of spikes per m^2	No. of grains per spike	1000-kernel weight
Replication	3	0.305	23.111	1560.527	1.638	2.971
Planter	2	3.084*	57.250*	18812.58*	9.083 ns	2.431*
Error	6	0.638	6.694	753.69	3.305	0.259
CV (%)	-	17.43	2.44	4.15	5.84	1.26

ns, * and ** Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Table 4. Continued

جدول ۴- ادامه

Source of variation	df	Biological yield	Grain yield	Harvest index	Irrigation water	Water use efficiency
Replication	3	4982.222	31112.08	1.099	16303.22	0.002
Planter	2	1611855.58*	472057.58**	43.737**	782685.58**	0.225**
Error	6	260243.13	4692.250	1.143	21361.47	0.002
CV (%)	-	2.71	1.83	2.44	3.007	2.97

ns, * and ** Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین بین سه نوع بذرکار مورد استفاده در کاشت گندم آبی از نظر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب

Table 5. Comparison of means among three studied planters in cultivation of irrigated wheat for yield, yield components and water use efficiency

Treatment (planter type)	No. of tillers per plant	Plant height	No. of spikes per m^2	No. of grains per spike	1000-kernel weight
Raised-bed planter	5.50 b	110.25 a	604.50 b	32.50 a	41.07 a
Typical grain drill	4.50 ab	104.75 b	641.12 b	31.25 a	40.57 a
Planting without furrowing	3.75 a	103.00 b	737.25 a	29.50 a	39.54 b

Means followed by similar letter in each column are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

Table 5. Continued

جدول ۵- ادامه

Treatment (planter type)	Biological yield	Grain yield	Harvest index	Irrigation water ($m^3.ha^{-1}$)	Water use efficiency
Raised-bed planter	18115.80 b	8611.75 a	47.54 a	4354.25 b	1.98 a
Typical grain drill	18890.00 ab	8047.00 b	42.62 b	546.00 a	1.59 b
Planting without furrowing	19374.3 a	7990.50 b	41.26 b	5177.75 a	1.54 b

Means followed by similar letter in each column are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

بهره‌وری مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سیستم‌های کاشت بر شاخص‌های آب آبیاری و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که میزان آب آبیاری کاربردی برای دو سیستم کاشت روی پشته (خطی‌کارهای رایزبد و معمولی) و روش مرسوم (خطی‌کار بدون جوی و پشته‌ساز) به‌ترتیب برابر با ۴۳۵۴/۲۵، ۵۰۴۶ و ۵۱۷۷/۷۵ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری مصرف آن‌ها به‌ترتیب ۱/۹۸، ۱/۵۹ و ۱/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود (جدول ۵). به‌عبارت دیگر، سیستم کاشت جدید با خطی‌کار رایزبد با چهار خط روی پشته ۷۵ سانتی‌متری در مقایسه با روش کاشت مرسوم گندم آبی با خطی‌کار غلات، از بهره‌وری آب بالاتری (حدود ۱۸ درصد) در منطقه برخوردار بوده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، با استفاده از روش کشت روی پشته‌های بلند، محصول بیش‌تری در مقایسه با آب مصرفی تولید می‌شود. در اغلب کشورهای جهان از جمله ایران، محدودیت اصلی تولید محصولات کشاورزی، کمبود آب است. با توجه به نیاز روزافزون بشر برای تأمین مواد غذایی و شرایط خشک‌سالی موجود در بسیاری از مناطق جهان، سامانه‌های کشاورزی حفاظتی از جمله کاشت روی پشته‌های بلند می‌توانند جایگزین خوبی برای روش‌های مرسوم کشت باشند.

در رابطه با موضوع بهره‌وری آب، نتایج این مطالعه مؤید بسیاری از مطالعات پیشین بود. در پژوهشی گزارش شده که کاشت روی پشته، به‌دلیل داشتن شرایط رطوبتی بهتر و استفاده مؤثرتر از آب موجود، باعث بهبود شاخص بهره‌وری آب در مقایسه با کاشت کرتی گندم شده است (Kilic *et al.*, 2004). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که کاشت راهرویی گندم در مقایسه با کاشت کرتی سبب بهبود شاخص بهره‌وری به‌میزان ۷۶ درصد و افزایش ماده خشک کل شد (Ali *et al.*, 2017). افیونی و همکاران (Afiuni *et al.*, 2019) نیز گزارش کردند که روش کاشت پشته‌ای در مقایسه با کشت مرسوم، باعث کاهش ۱۱ درصدی میزان آب مصرفی و افزایش ۱۴ درصدی کارایی مصرف آب شد.

تحلیل اقتصادی و برآورد هزینه و درآمد

هزینه‌های تولید یک هکتار گندم به‌تفکیک تیمارها، شامل هزینه‌های آماده‌سازی زمین، تهیه نهاده‌ها و هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت است. در سال زراعی

مورد بررسی (۱۴۰۱-۱۴۰۰)، متوسط هزینه‌های تهیه بستر، کاشت، داشت و برداشت برای هر هکتار از محصول گندم در منطقه مغان محاسبه شد. طبق نتایج جدول ۶ در سال مورد بررسی، متوسط هزینه اجاره مزرعه و آماده‌سازی زمین (دو بار شخم با تراکتور، دو بار دیسک، یک بار لولر) در هر هکتار گندم تا زمان کاشت، میان روش‌های مرسوم کشت (خطی‌کار معمولی و فاقد جوی و پشته‌ساز) مشترک بود و حدود ۵۵۰۰۰۰ هزار ریال محاسبه شد. البته در کشت رایزبد، به‌علت هزینه بالاتر عملیات تهیه بستر، مبلغ ۲۰۰۰۰ هزار ریال دیگر نیز به این مبلغ اضافه می‌شود. برای ساختن پشته‌های مرتفع، خاک‌ورزی عمیق‌تری نیاز است. البته این درجه از عملیات، فقط در اولین سال یک دوره چندساله کشت رایزبد موردنیاز است. هزینه تهیه نهاده‌ها (تهیه بذر برای تیمار خطی‌کار رایزبد حدود ۳۰ درصد کم‌تر بود)، کودها و سموم علف‌کش و حشره‌کش جمعاً حدود ۳۰۰۰۰ هزار ریال (برای رایزبد ۲۵۰۰۰ هزار ریال) در نظر گرفته شد. عملیات کاشت با روش‌های دوم و سوم، ۵۰۰۰ هزار ریال در هکتار هزینه داشت. البته برای خطی‌کار فاقد جوی و پشته‌ساز، هزینه عملیات فاروکشی (۲۰۰۰ هزار ریال) نیز به آن اضافه می‌شود. به‌علت قیمت بالاتر خطی‌کار رایزبد و ظرفیت مزرعه‌ای پایین‌تر آن، هزینه عملیات کاشت در واحد سطح با این ماشین، بیش از دو خطی‌کار دیگر است (۱۰۰۰۰ میلیون ریال). هزینه داشت (شامل هزینه تأمین آب و حدود پنج بار آبیاری، هزینه مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها) جمعاً حدود ۳۵۰۰۰ هزار ریال برای همه تیمارها برآورد شد. برای محاسبه هزینه تولید کل در هر تیمار، بایستی هزینه‌های برداشت هر تیمار به‌صورت مشترک به هزینه‌ها اضافه شود. هزینه برداشت گندم با استفاده از کمباین غلات، برای تیمارهای مختلف یکسان است و بر اساس عرف منطقه، ۱۰۰۰۰ هزار ریال برای هر هکتار در نظر گرفته شد. درآمد حاصل از فروش گندم برای هر تیمار با توجه به عملکرد همان تیمار (مطابق جدول ۵) و نرخ مصوب برای واحد محصول (۱۱۵ هزار ریال برای هر کیلوگرم)، بر حسب هزار ریال بر هکتار محاسبه شد. البته مبلغ ۴۰۰۰۰ هزار ریال در هر هکتار، عایدی فروش کاه نیز به این مبلغ اضافه می‌شود تا سود ناخالص کل به‌دست آید.

نتایج تجزیه و تحلیل هزینه و منافع کاربرد روش‌های مختلف کاشت برای یک هکتار مزرعه گندم نشان داد که بیش‌ترین سودآوری مربوط به بذرکار رایزبد بود (جدول ۷). هزینه کل کشت با روش رایزبد (با در نظر گرفتن تورم)، ۹۴۲۵۰۰ هزار ریال بود که بیش‌تر از دیگر روش‌هاست. این افزایش هزینه بیش‌تر ناشی از هزینه‌های بالاتر دو عملیات تهیه بستر و کاشت بود، اگرچه صرفه‌جویی در مصرف بذر، تا حدودی این مسئله را تعدیل کرد. به هر حال، افزایش عملکرد دانه حاصل از بهبود شرایط رشد گیاه باعث شد که درآمد ناخالص حاصل از به‌کارگیری خطی‌کار رایزبد (۱۰۳۰۳۵۱ هزار ریال)، شکاف بزرگ‌تری با دیگر روش‌ها داشته باشد که در نتیجه، بیش‌ترین سود خالص (۸۷۸۵۱ هزار ریال) در کشت رایزبد به‌دست آمد. بنابراین در بین این سه روش، کشت روی پشته‌های بلند دائمی از نظر اقتصادی ارجحیت دارد.

برای تحلیل اقتصادی این مطالعه پس از استفاده از روش بودجه‌بندی جزئی، اقتصادی و غیراقتصادی بودن جایگزینی هر یک از تیمارها با سایر تیمارها با استفاده از تحلیل ارجحیت سرمایه‌گذاری، بررسی و اقتصادی‌ترین تیمارِ آزمایش انتخاب شد. بررسی تحلیل اقتصادی نشان داد که نرخ بازده نهایی جایگزینی کاربرد بذرکار رایزبد نسبت به بذرکار معمولی و بذرکار فاقد جوی و پشته‌ساز به‌ترتیب ۱۲۳/۹۵ و ۱۷۳/۷۳ درصد بود. از نظر تکنیک مورد بررسی، به‌ترتیب جایگزینی تیمار کاشت با خطی‌کار معمولی غلات و خطی‌کار غلات فاقد جوی و پشته‌ساز غیراقتصادی است، زیرا در صورت جایگزینی، کاهش قابل توجهی در درآمد خالص کشاورز ایجاد خواهد شد.

جدول ۶ - هزینه‌های تولید گندم آبی (هزار ریال در هکتار) در مغان در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Table 6. Costs of irrigated wheat production (1000 Rials per ha) in Moghan in 2021-2022

Planting method	Rent and land preparation	Preparation of inputs	Planting	Growing stage	Losses and harvest	Total costs
Raised-bed planter	570000	25000	10000	35000	10000	650000
Typical grain drill	550000	30000	5000	35000	10000	630000
Planting without furrowing	550000	30000	7000	35000	10000	632000

جدول ۷- تجزیه و تحلیل نرخ بازده نهایی کاربرد خطی‌کار رایزبد نسبت به سایر بذرکارهای مورد مطالعه

Table 7. Analysis of final rate of the application of raised bed planter compared to the other studied planters

Planter type	1000 Rials per hectare					Marginal rate of return (%)
	Gross profit	Total costs	Net profit	Marginal net profit	Marginal cost	
Raised-bed drill	1030351	942500	87851	0	0	0
Typical grain drill	965405	913500	51905	+35946	+29000	123.95
Planting without furrowing	958907.5	916400	42507.5	+45344	+26100	173.73

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست آمده، کاشت گندم آبی روی پشته‌های بلند دائمی با استفاده از خطی‌کار رایزبد، عملکرد فنی بهتری در مقایسه با خطی‌کار مرسوم در پی داشت. به بیان دقیق‌تر، نتیجه به‌کارگیری این خطی‌کار، توزیع یکنواخت‌تر استقرار گیاهچه‌ها، هم از نظر عمودی و هم از نظر افقی بود. بیش‌ترین عملکرد گندم در کشت با خطی‌کار رایزبد با میانگین ۸۶۱۱/۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به خطی‌کار معمولی غلات و خطی‌کار غلات فاقد جوی و پشته‌ساز به‌ترتیب ۷ و ۸ درصد افزایش داشت. خطی‌کار رایزبد در قبال دقت بالای کاشت، سرعت پیشروی کم‌تری دارد که طبیعتاً منجر به کاهش ظرفیت مزرعه‌ای آن می‌شود، اما صرفه‌جویی در مصرف بذر، فقط یکی از مزیت‌هایی است که می‌تواند افزایش زمان انجام عملیات کاشت و به‌دنبال آن، افزایش هزینه این عملیات را جبران کند. شاخص برداشت نیز در روش کاشت با خطی‌کار رایزبد، خطی‌کار معمولی غلات و کشت مسطح به‌ترتیب ۴۷/۵۴، ۴۲/۶۲ و ۴۱/۲۶ درصد بود. نتایج تحلیل اقتصادی نشان داد که نرخ بازده نهایی جایگزینی کاربرد بذرکار رایزبد نسبت به بذرکار معمولی و بذرکار فاقد جوی و پشته‌ساز به‌ترتیب ۱۲۳/۹۵ و ۱۷۳/۷۳ درصد بود. استفاده از خطی‌کار رایزبد با وجود افزایش قابل‌توجه در عایدی فروش (درآمد ناخالص)، هزینه‌های چندان بالاتری بر کشاورز تحمیل نمی‌کند. این امر باعث می‌شود که شکاف میان سود و هزینه بیش‌تر شود و درآمد خالص نیز در اثر به‌کارگیری این خطی‌کار، افزایش محسوسی داشته باشد.

در این مطالعه، مقایسه میان سامانه‌های مختلف کشت بر اساس مقادیر مرسوم مصرف نهاده‌ها در هر یک از روش‌های کشت انجام شد. اگرچه طبیعتاً این مقادیر می‌توانند به مقادیر مناسب نزدیک باشند، ولی کشاورزان آن‌ها را با تجربه شخصی خود و نه بر اساس پژوهش‌های سازمان‌یافته، به‌دست آورده‌اند. بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعاتی طرح‌ریزی شود که برای هر کدام از سامانه‌های کشت، مناسب‌ترین حالت از نظر مصرف آب و میزان مصرف بذر، مشخص شود و سپس مقایسه میان این روش‌ها بر اساس حالت بهینه هر کدام انجام گیرد.

با وجود یک‌ساله بودن گندم، کشت روی پشته‌های بلند دائمی، یک عملیات چندساله است. به‌عبارت دیگر، عملیات خاک‌ورزی به‌صورت کامل در سال اول انجام و جوی و پشته‌سازی انجام می‌شود و در سال‌های بعد، عملیات مختصری برای حفظ همان پشته‌ها و کاشت بذر کفایت می‌کند. بنابراین در باقی سال‌های پروژه، هزینه‌های مربوط به آماده‌سازی زمین، کم‌تر از سال اول خواهد بود. ولی از طرفی به مرور تراکم خاک، چه روی پشته‌ها و چه در داخل جوی‌ها افزایش می‌یابد. مسلماً میزان مصرف آب و عملکرد محصول، بی‌تأثیر از این تغییرات نخواهند بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی، مقایسه میان روش‌های مختلف به‌صورت چندساله انجام شود. البته یک‌ساله بودن این مطالعه، خدشه‌ای در برتری خطی‌کار رایزبد ایجاد نمی‌کند، زیرا حتی اگر نتایج بررسی‌های چندساله حاکی از کاهش قابل‌توجه سود خالص در اثر افت تدریجی عملکرد باشد، می‌توان این روش را به‌صورت یک‌ساله انجام داد. یعنی در هر سال با تکرار کامل عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر، دوباره پشته‌های دائمی را بازسازی کرد. از طرفی، قیمت خرید یک ماشین، نقش تعیین کننده‌ای در نرخ ارائه خدمات با آن ماشین دارد. به‌نظر می‌رسد که با گسترش این روش کشت، بر تولید خطی‌کار ویژه کشت رایزبد نیز افزوده شود. با افزایش مقیاس تولید این نوع بذرکار، قیمت نهایی بذرکار و در نتیجه هزینه‌های کشت کاهش می‌یابد. در این صورت، فاصله میان درآمد ناشی از فروش محصول و هزینه کل افزایش می‌یابد و سود خالص بیش‌تری نصیب کشاورز می‌شود.

با توجه به نتایج این مطالعه، تردیدی در اولویت این روش کشت نسبت به روش‌های دیگر کاشت نیست. با گسترش استفاده از این خطی‌کار در این منطقه و مناطقی با شرایط مشابه، علاوه بر افزایش سود کشاورزان، صرفه‌جویی معنی‌داری در مصرف آب و انرژی خواهد شد.

از طرف دیگر، کشاورزان در بسیاری از مناطق دنیا معمولاً هزینه فرصت از دسته رفته را برای آب نمی‌پردازند و چیزی که پرداخت می‌کنند، در واقع هزینه پمپاژ و گاهی امتیاز آب است. وجود یارانه‌های حامل‌های انرژی نیز باعث کم‌تخمینی در مورد ارزشمندیِ صرفه‌جویی‌های حاصل از کاهش عملیات خاک‌ورزی می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود مطالعاتی در رابطه با بررسی موانع و مشکلات فنی و اجتماعی گسترش روش‌های جدید از قبیل کشت روی پشته‌های بلند انجام شود تا با رفع آن‌ها، استفاده بهینه‌تری از منابع کشور به‌عمل آید.

تضاد منافع

نویسنده (گان) تایید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هر گونه روابط تجاری یا مالی که می‌تواند به‌عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

رعایت اخلاق در نشر

نویسنده (گان) اعلام می‌کنند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تا کنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

اجازه انتشار مقاله

نویسنده (گان) با چاپ این مقاله به صورت دسترسی باز موافقت کرده و کلیه حقوق استفاده از محتوا، جدول‌ها، شکل‌ها، تصویرها و غیره را به ناشر واگذار می‌کنند.

References

Afiuni, D., Asadi, A., Safaee, L., Mottaghi, S. and Lotfifar, O. 2019. Effect of planting methods and seed ingrates on yield, yield components and water use efficiency of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Plant Ecophysiology*, 11(36), pp. 11-21. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085958.1398.11.36.2.2.

Afzalinia, S., Ziaee, A.R., Dehghanian, S.E. and Alavimanesh, S.M. 2016. Effect of conservation tillage and irrigation methods on water productivity and wheat yield in rotation with cotton (Case study in Fars province). *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 17(66), pp. 57-70. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/erams.2016.106421.

Afzalinia, S. and Karami, A. 2018. The effect of conservation tillage on soil properties and corn yield in rotation with wheat. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 49(1), pp. 129-137. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/IJBSE.2017.243058.664995.

Ahmadi, A., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdshah, H. and Kazemian, A. 2020. Agricultural Statistics of the Crop Year 2018-19. Information and Communication Technology Center of the Ministry of Agriculture-Jahad, Tehran, Iran. [In Persian].

Ali, Sh., Xu, Y., Ma, X., Ahmad, I., Kamran, M., Dong, Zh., Cai, T., Jia, Q., Ren, X., Zhang, P. and Jia, Zh. 2017. Planting patterns and deficit irrigation strategies to improve wheat production and water use efficiency under simulated rainfall conditions. *Frontiers in Plant Science*, 8, pp. 1-17. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01408.

Aquino, P. 1998. The adoption of bed planting of wheat in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Wheat program special report. No. 17A. Economic Program. CIMMYT, Mexico. pp. 38.

Asadi Khoshoei, A., Afiuni, D., Hemat, A. and Farahmand, S. 2006. The comparison of flat and raised bed planting in irrigated wheat and the maintenance of the raised bed for subsequent forage corn. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 28(7), pp. 27-40. [In Persian].

Asadi, H. and Mostofi-Sarkari, M.R. 2019. Economical assessment of different wheat harvesters in Tehran province. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 19(71), pp. 55-64. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/erams.2018.121436.1250.

Asadi, M.E. 2018. Cultivation System on Permanent Raised Beds. Publication of Agricultural Education. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. ISBN: 978-964-520-496-7. [In Persian].

Asoodar, M.A., Bakhshandeh, A.M., Afraseabi, H. and Shafeinia, A. 2006. Effects of press wheel weight and soil moisture at sowing on grain yield. *Journal of Agronomy*, 5(2), pp. 278-283. https://doi.org/10.3923/ja.2006.278.283.

Bozkurt, S., Yazar, A. and Mansuroğlu, G.S. 2011. Effects of different drip irrigation levels on yield and some agronomic characteristics of raised bed planted corn. *African Journal of Agricultural Research*, 6(23), pp. 5291-5300. https://doi.org/10.5897/AJAR11.232.

Dillon, J., Hardaker, L. and Brian, J. 1993. Farm Management Research for Small Farmer Development. Farm Systems Management Series No.6. FAO Publication. 302 p.

Eslami, A. 2016. Irrigation Water Measurement Tool in Surface Irrigation Methods. Technical Booklet. Publication of Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Shiraz, Iran. 16 p. [In Persian].

Eyvani, A. and Dehghan, A. 2018. Mechanized Cultivation of Wheat on High Ridges. Technical Booklet. Publication of Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran. [In Persian].

FAO. 2019. FAOSTAT database collections. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Retrieved 22 March, 2019, from https://www.fao.org/faostat/en.

Habibi Asl, J. and Dehgan, E. 2012. Evaluation of technical and yield parameters of wheat seeding methods with different seeding rates in south Khuzestan. *Journal of Agricultural Machinery*, 2(1), pp. 46-57. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/jam.v2i1.14293.

Kilic, H. 2004. Bed planting in Diyarbakir. South-eastern Anatolia Agricultural Research Institute. Diyarbakir (Turkey). Research Report. 25 p.

Kumar, V., Naresh, R.K., Sagar, V.K. and Sagar, P.K. 2018. Performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) under tillage practices and water regime on water productivity and economics. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(3), pp. 3072-3081. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.357.

Parchami Araghi, F., Abbasi, F. and Akhavan, K. 2022. Assessment of soybean applied water and water productivity across Moghan plain, Ardabil province, Iran. *Journal of Water Research in Agriculture*, 36(2), pp. 181-201. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/jwra.2022.357180.906.

Senapati. P.C., Mohapatra, P.K. and Dikshit, U.N. 1992. Field evaluation of seeding devices for finger-millet. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA)*, 23(3), pp. 21-28.

Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H.J., Duveiller, E., Reynolds, M. and Muricho, G. 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, 5, pp. 291-317. https://doi.org/10.1007/s12571-013-0263-y.

Solhjou, A.A. and Javadi, A. 2016. The effect of tillage and planting methods in raised bed planting system on irrigated wheat yield. *Applied Field Crops Reserach*, 29(1), pp. 68-74. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/AJ.2016.109331.

Taghinazhad, J., Zirak, M.A. and Ranjbar, F. 2020. Comparison of protective and conventional tillage effect in wheat-lentil-wheat rotation in rainy conditions of Ardabil province. The final report of the research project. Agricultural Engineering and Technical Research Institute, Karaj, Iran. Registration number 59014. [In Persian].

Singh, V.K., Dwivedi, B.S., Shukla, A.K. and Mishra, R.P. 2010. Permanent raised bed planting of the pigeonpea-wheat system on a Typic Ustochrept: Effects on soil fertility, yield, and water and nutrient use efficiencies. *Field Crops Research*, 116(1-2), pp. 127-139. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.12.002.

Yousefi, A., Pouryousef, M. and Mardani, R. 2016. Evaluation of wheat yield and weed biomass under planting patterns and irrigation regimes. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 62(6), pp. 17-30. [In Persian].

Zarifneshat, S., Saeidirad, M.H., Nazarzade-Oghaz, S. and Mahdinia, A. 2015. Technical evaluation of direct drill planters (no-till planters) used for wheat planting in Khorasan-e Razavi province. *Food Engineering Research*, 16(1), pp. 105-118. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/jaer.2015.101254.