

**Research paper****Technical and economic evaluation of different rice direct seeding methods in Khuzestan province****J. Habibi Asl^{1*} and E. Dehghan²**

1- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Ahvaz, Iran.

2- Assistant Professor, Farm Power and Machinery Department, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran.

Article information**Extended Abstract****Received:** 2024/08/14**Accepted:** 2025/01/19

Keywords: Khuzestan, rice, planting method, dry-bed direct seeding, economic evaluation.

***Corresponding author:**
jhabibi139@yahoo.com

ORCID: 
0000-0002-4572-2547

**Introduction**

Climatic, economic, political, and social changes in the world, as well as in Iran, have led to shifts in the conditions governing the production and processing of agricultural products, and in some cases, have rendered conventional methods and technologies inadequate to meet the needs of society and producers in the country's agricultural sector. In recent years, the occurrence of drought and the increasing shortage of water resources for agriculture have led to rice cultivation being banned or facing various restrictions in other regions of the country, except in the provinces of Gilan and Mazandaran. In such circumstances, to issue permits for planting rice in various regions (except Gilan and Mazandaran), finding methods and technologies that can produce rice with reduced water consumption has been placed on the agenda of the Ministry of Agricultural Jihad. The conventional rice planting method (CRP) involves transplanting in puddled soil with a permanent flood irrigation system. This method consumes a lot of water, energy and labor. In recent years, despite the lack of irrigation water and restrictions in most rice-rich areas of the country, the area under rice cultivation has increased due to high economic income. One of the ways to reduce water consumption in rice production is direct sowing of seeds in dry-bed conditions in the main land.

<https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2025.14886.715>

Method

This study was conducted to select a suitable method for rice direct seeding in dry-bed condition (RDD) in Khuzestan province in a split-plot experiment in the form of a randomized complete block design with three replications. Four planting methods are included: RDD in a flat bed with a grain drill machine (P1), RDD on the ridge bed (P2), RDD on the ridge bed with hill-drop seeding (P3), and CRP or control (P4). In terms of indices, economic, technical, crop yield, and water consumption were compared. In all treatments, Champa, Anboursy, and Aerobic rice cultivars were cultivated. The irrigation method was intermittent in RDD treatments and permanent flooding in the control treatment (P4). Seed consumption per hectare of main land in P1 and P2 was 100 kg ha⁻¹, in P3 it was equal to 5 seeds per hill, and for P4 (control) it was 40 kg ha⁻¹. The indicators measured in this study were the time required for planting operations per unit area (including land preparation and planting), field capacity of the seeder, water quantity and productivity, number of sprouted plants per square meter, percentage of seed germination, plant height, number of spikes per square meter, number of grains per spike, harvest index, thousand-grain weight, rice yield, and production costs.

Results

The results of this study showed that there was a significant difference in the time required for the planting operation between the different methods. From the perspective of the field capacity index, although there was a significant difference between the averages of the three dry-land cultivation methods, the difference between the average field capacity of each of them and the conventional transplanting method was extremely large. Statistical analysis of seed germination percentage revealed that, in terms of this indicator, the difference between the planting methods studied was significant at the 1% level, whereas the differences between cultivar levels and the interaction levels between cultivar and planting method were not significant. The highest percentage of seed germination, 93%, was obtained in the dry-cultivation method of seed heaping on a ridge. Analysis of variance of the data revealed no significant difference in grain yield per unit area among the levels of the independent variables, cultivar type, planting method, and the interaction effect of cultivar and planting method. The results showed that the highest water consumption was associated with the transplanting method, at an amount of 35220 cubic meters per hectare. Additionally, the methods of dry tillage, ridge and mounding had the lowest water consumption, at 17850 and 17800 cubic meters per hectare, respectively. The water consumption of the dry tillage method was measured at 23140 cubic meters per hectare. The results of the economic evaluation showed that, in Khuzestan province, the method of dry planting on ridges and intermittent irrigation yielded the highest income-to-cost ratio of 2.47 for Champa rice production.

Conclusions

Direct dry seeding of rice seeds in the main field, instead of the conventional transplanting method, reduces water consumption and maintains or increases economic production indicators. It also reduces the time required for planting and facilitates the production of this important and strategic crop. For rice production in Khuzestan, using an aerobic variety with the dry-cultivation method of hilling on raised beds was identified as the best option, yielding the highest net economic income, the highest income-to-cost ratio, and the lowest volume of irrigation water. After that, the Champa variety is dry-seeded using a seed drill on a raised bed, along with intermittent irrigation, which is recommended. To plant the Anboursi variety, it is recommended to use the hilling on raised bed method and intermittent irrigation.

Author Contributions

The manner and extent of the authors' participation in conducting this research are as follows:

First author: Jafar Habibi Asl, who was responsible for implementing the treatments, collecting data, analyzing it, and writing part of the article.

Second author: Elyas Dehghan, who was involved in the analysis and writing of the article.

Data Availability Statement

All information and results are presented in the article text.

Ethical Considerations

The authors have observed ethical principles in conducting and publishing this article, and this is confirmed by all of them.

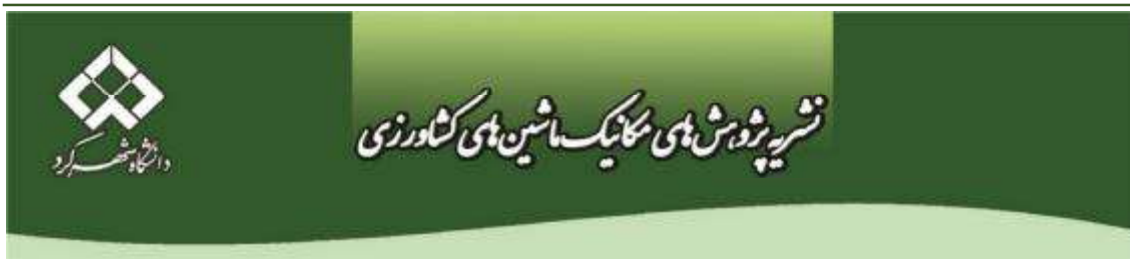
How to cite this paper:

Habibi Asl, J., and Dehgha, E. (2025). Technical and Economic Evaluation of Different Rice Direct Seeding Methods in Khuzestan Province, Journal of Research in Agricultural Machinery Mechanics. 34: 65-87. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2025.14886.715>



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by [Shahrekord University](#). This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#)



مقاله پژوهشی

ارزیابی فنی و اقتصادی روش‌های خشکه‌کاری برنج در استان خوزستان

جعفر حبیبی اصل^{*۱} و الیاس دهقان^۲

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۲- استادیار پژوهش، بخش مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰

واژه‌های کلیدی: برنج، خشکه‌کاری،
خوزستان، روش کاشت، ارزیابی
اقتصادی.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
jhabibi139@yahoo.com

ORCID: 
0000-0002-4572-2547



یکی از روش‌های کاهش مصرف آب در تولید برنج در برخی از مناطق، کاشت مستقیم بذر در زمین اصلی (خشکه‌کاری) است. این تحقیق برای مقایسه خشکه‌کاری برنج با روش مرسوم و انتخاب روش مناسب خشکه‌کاری برنج در استان خوزستان انجام شد. به این منظور چهار روش کاشت شامل، کاشت بذر در بستر مسطح با خطی‌کار غلات، کاشت بذر روی پشته با کارنده جوی و پشته‌کار غلات، کپه‌کاری بذر روی پشته، و کاشت نشایی مرسوم + آبیاری غرقایی دائم (شاهد) از نظر شاخص‌های زراعی، فنی، اقتصادی و حجم آب آبیاری در آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مقایسه شدند. در هر روش کاشت نیز سه رقم چمپا، عنبری و هوازی کاشت شد. نتایج شاخص‌های فنی نشان داد که زمان مورد نیاز برای گل‌خراشی در روش شاهد و تهیه بستر بذر در روش‌های کشت مسطح، کشت روی پشته و کپه‌کاری، به ترتیب ۲۵۶/۹، ۱/۲۰، ۱/۶۸ و ۱/۳۷ ساعت بر هکتار بود. از نظر شاخص‌های زراعی بین ارقام و روش‌های کاشت تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. حجم آب آبیاری در روش مرسوم نشاکاری با آبیاری غرقایی دائم ۳۵۲۲۱ مترمکعب بر هکتار بود، در حالی که این شاخص در روش‌های خشکه‌کاری با دور آبیاری متناوب چهار روز در میان، نسبت به شاهد به ترتیب ۴۹، ۳۴ و ۴۹ درصد کاهش یافت. بهره‌وری آب نیز برای نشاکاری مرسوم با آبیاری غرقایی دائم ۰/۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب و برای تیمارهای خشکه‌کاری با آبیاری متناوب، به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۲۳ و ۰/۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. مقایسه اقتصادی روش‌های مختلف کاشت نیز نشان داد که برای تولید برنج در خوزستان، استفاده از رقم هوازی با روش کاشت خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته، به دلیل ایجاد بیش‌ترین درآمد خالص به مبلغ ۱۹۶۴۲۹۸۱ تومان بر هکتار (۹/۴ برابر روش نشاکاری مرسوم)، بیش‌ترین نسبت درآمد به هزینه به میزان ۲/۶۲ و کم‌ترین حجم آب آبیاری به میزان ۱۷۸۰۰ مترمکعب بر هکتار (۵۰ درصد کم‌تر از شاهد)، بهترین گزینه است.

مقدمه

تغییرات اقلیمی، اقتصادی، سیاسی و اجتماعی در دنیا و ایران، باعث تغییر در شرایط حاکم بر فرآیند تولید و فراوری محصولات کشاورزی شده و در برخی موارد باعث شده است که روش‌ها و فناوری‌های مرسوم نتوانند پاسخ‌گوی نیاز جامعه و تولیدکنندگان بخش کشاورزی کشور باشند. در سال‌های اخیر، بروز خشکسالی و کمبود روزافزون منابع آب برای کشاورزی باعث شده است که کاشت برنج به‌جز در استان‌های گیلان و مازندران، در سایر مناطق کشور توسط مسئولین استانی ممنوع شده و یا با محدودیت‌های گوناگونی روبرو شود. با وجود کمبود آب آبیاری و محدودیت‌های ایجاد شده در اغلب مناطق برنج‌خیز کشور، کشاورزان به دلیل صرفه اقتصادی فراوان ناشی از تولید برنج، تمایل زیادی به ادامه کاشت آن داشته و محدودیت‌های اعمال شده را نادیده می‌گیرند. در چنین شرایطی، برای صدور مجوز کاشت برنج در مناطق مختلف (به جز گیلان و مازندران)، یافتن روش‌ها و فناوری‌هایی که بتوان برنج را با مصرف آب کمتر تولید کرد، در دستور کار وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفته است (Management and planning organization of Khuzestan province, 2019).

طبق گزارش سازمان خوار و بار جهانی، در مقیاس جهانی بخش کشاورزی مصرف حدود ۷۰ درصد از منابع آب‌های تجدیدپذیر را به خود اختصاص می‌دهد (FAO, 2010). بر اساس نتایج تحقیقاتی صورت گرفته، برای دو دوره ۵۰ ساله (بلند مدت) و هفت ساله (کوتاه مدت) مصرف آب در بخش کشاورزی در ایران به ترتیب ۵۲ و ۷۱ درصد از کل آب استحصال شده، بوده است (Nasseri et al., 2017). با توجه به کمبود منابع آب تجدید شونده و رقابت برای استفاده از منابع موجود، ضرورت استفاده هرچه کاراتر از منابع آب در بخش کشاورزی، مشخص می‌شود. از این‌رو در مناطق کم آب که منابع آبی کفایت اراضی زراعی را نمی‌کند، کشت گیاهان آب‌بر مانند برنج تخریب منابع پایه محسوب می‌شود (Kiani & Yazdani, 2021; Abbasi et al., 2015).

انتخاب روش مناسب کاشت بذر به عوامل زیادی بستگی دارد. از جمله این عوامل می‌توان به ویژگی‌های خاک، اندازه بذر، در دسترس بودن نیروی کارگری، زمان در اختیار، هزینه کاشت و نوع استفاده از محصول اشاره

نمود (Karayel & Ozmerzi, 2004). کاشت برنج به یکی از روش‌های کاشت نشاء (نشاکاری) یا کاشت مستقیم بذر در زمین اصلی انجام می‌شود. روش‌های کاشت مستقیم برنج در کشورهای در حال توسعه عبارتند از خشکه‌کاری^۱، ترکاری^۲ (پاشش بذر جوانه‌دار در بستر غرقاب یا مرطوب دائم در حد اشباع^۳ (گل‌خرابی شده) و کاشت بذر در آب راکد یا آب کاشت^۳ (Farooq et al., 2011).

روش مرسوم آبیاری برنج به صورت غرقابی دائم و کشت نشایی است. اگرچه این روش ممکن است برای پایش آفات، دسترسی آسان به مواد غذایی و جلوگیری از تنش آبی با غرقاب دائم زمین مناسب باشد، ولی برای گیاه برنج ضرورت محسوب نمی‌شود. در این روش کشاورزان پاششی بر مقدار آب مصرفی ندارند و آب تحت نیروی ثقل در سطح زمین پخش شده و خاک غرقاب می‌گردد. با این شیوه بخش عمده آب به صورت تبخیر سطحی و یا نفوذ عمقی و جانبی از دسترس ریشه خارج و تلف می‌شود که موجب کاهش بازده آبیاری می‌گردد (Kiani & Yazdani, 2021).

مقدار آب در دسترس و هزینه نیروی کارگری مهم‌ترین عوامل تعیین کننده در انتخاب روش کاشت برنج هستند و با کاهش مقدار آب در دسترس و افزایش دستمزدها، تمایل به خشکه‌کاری افزایش می‌یابد. از سال ۱۹۵۰ میلادی خشکه‌کاری یا کاشت بذر در خاک خشک، یک روش اصلی برای کاشت برنج در کشورهای در حال توسعه بوده است و در دهه ۱۹۷۰ در بیش‌تر مناطق دنیا جایگزین روش نشاکاری شده است (John et al., 2002). در نشاکاری، مصرف مقادیر زیاد آب، نیازمندی به نیروی کار و هزینه بالای کارگری باعث کاهش سود نهایی می‌شود (Pandey & Velasco, 2005). این در حالی است که در خشکه‌کاری یا کاشت مستقیم برنج، با حذف آب مورد نیاز برای خزانه‌گیری و رشد نشاء، کندن نشاء، گل خرابی کردن زمین اصلی، نشاکاری دستی و حذف حدود ۲۰-۱۰ سانتی‌متر آب مورد نیاز برای ۱۵ روز اول بعد از انتقال نشاء، مصرف آب حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد (Mahajan et al., 2013). همچنین، کاشت مستقیم بذر برنج به صورت خشکه‌کاری روی خطوط، باعث کاهش نیروی انسانی مورد نیاز، آسان‌سازی عملیات نگهداری و

1- Dry seeding

2- Wet seeding

3- Water seeding

هرز اغلب کمتر از نشاکاری است (Singh *et al.*, 2005; Hoseini Monfared *et al.*, 2012). کاهش عملکرد محصول در اثر کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف، مانند روی و آهن به علت متعادل نبودن نیتروژن و نفوذپذیری بالا، محدودیت‌های جدی در خشکه‌کاری هستند (Gao *et al.*, 1995; Kirk & Bajita, 2006). از طرفی استقرار موفقیت‌آمیز محصول، نیازمند مقادیر بالایی از بذر در واحد سطح است تا رویش در شرایط متنوعی از مزرعه به فوریت انجام شود (McDonald, 1998).

در تحقیقی روش‌های خطی کاری، ردیف کاری به صورت کپه‌ای (انتخاب صفحه موزع بذور درشت به منظور قرار گرفتن چند بذر در هر سلول) و کاشت با دستگاه سانتیفرز برای خشکه‌کاری بذر سه رقم برنج عنبروری قرمز، چمپا و دانیال (LD183) در خوزستان بررسی و مقایسه شد. نتایج نشان داد که خشکه‌کاری باعث کاهش ۴۰ درصدی در هزینه‌ها و ۳۰ درصدی در حجم آب آبیاری گردید، اما از نظر عملکرد شلتوک، بین ماشین‌های کاشت تفاوتی وجود نداشت. روش خشکه‌کاری بذر به صورت کپه‌کاری با کارنده ردیف‌کار به دلیل کاهش مصرف بذر به حدود ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم بر هکتار، پیشنهاد شد (Habibi Asl *et al.*, 2009).

محققان دیگر با بررسی کاشت مستقیم ارقام برنج فجر، طارم، شفق و نعمت به روش خشکه‌کاری و بستر مرطوب در رطوبت اشباع و مقایسه آن با نشاکاری در استان مازندران، گزارش دادند که رقم فجر دارای بیش‌ترین عملکرد بود و بین سایر ارقام تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین از نظر عملکرد شلتوک تفاوت معنی‌داری بین بستر مرطوب و کاشت نشایی وجود نداشت (Karbalayi *et al.*, 2006).

مروری بر شیوه‌های کاشت و کار برنج در استان گلستان نشان می‌دهد که برنج لزوماً به آبیاری غرقابی نیاز ندارد. بنابراین راه حل عملیاتی برای برون رفت از چالش بزرگ کمبود منابع آب در کاشت این محصول، اصلاح روش آبیاری و توسعه کاشت مستقیم بر بستر خشک به جای کاشت نشایی است. هم زمان لازم است روش‌های گوناگون کاهش حجم آب آبیاری (برنامه‌ریزی کوتاه و میان مدت)، تدوین الگوی مناسب کاشت با در نظر گرفتن حفظ منابع پایه و معیشت بهره‌برداران، استفاده از روش آبیاری تناوبی برنج، آبیاری به صورت درصدی از رطوبت

داشت (Khan & El-Sahrigi, 1990; Xiao-rong *et al.*, 2010). کمک به کنترل مکانیکی علف‌های هرز (Gilani & Kariminejhad, 2008; Khan & El-Sahrigi, 1990). کاهش میزان مصرف کود و آفت‌کش‌ها و هزینه‌های تولید و افزایش سودمندی اقتصادی می‌شود (Xiao-rong, 2010). خشکه‌کاری برنج باعث کاهش نیاز به کار انسانی، انجام سریع‌تر و آسان‌تر کار، کاهش مصرف آب (Bhushan *et al.*, 2007; Jehangir *et al.*, 2005). کوتاه‌تر شدن دوره رشد (Farooq *et al.*, 2006)، زودتر رسیدن محصول به مدت ۷ تا ۱۰ روز و کاهش آلاینده‌گی محیط زیست با متان می‌شود (Balasubramanian & Hill, 2002).

قابلیت بالای برنج برای تولید پنجه‌های بارور، نشان می‌دهد که به صورت نظری، این گیاه می‌تواند به صورت تک بذر یا چند بذر، با فاصله‌های معین روی خطوط، کاشت شود (Gilani, 2006). این ویژگی باعث ایجاد امکان استفاده از سازوکارهای دقیق کپه‌کار به جای موزع‌های حجمی در کاشت برنج و کاهش مصرف بذر می‌شود. در شرایط دشوار مزرعه، به‌ویژه در اراضی با بافت سنگین و اراضی که بستر به خوبی آماده نشده و کلوخه‌ای باشد، کاشت کپه‌ای چند بذر برنج در هر نقطه، باعث می‌شود که هم‌افزایی نیروی بذرهای در حال جوانه‌زدن در یک کپه، موجب شکافتن آسان‌تر خاک و کلوخه‌ها شده و درصد سبز شدن بذرها افزایش یابد (Dehghan *et al.*, 2016). مقدار بهینه مصرف بذر برای کاشت خشکه‌کاری در چین ۲۵-۲۰ کیلوگرم بر هکتار گزارش شده است (Wu *et al.*, 2008). از دلایل مصرف بالای بذر در روش خشکه‌کاری برنج می‌توان به در دسترس نبودن کارنده‌های مجهز به موزع دقیق بذر، ضعیف بودن استقرار بوته و کم بودن قوه نامیه بذر انبار شده اشاره کرد (Mahajan *et al.*, 2013; Chauhan, 2012). در مقایسه تعداد ۲، ۴، ۶ و ۸ بذر در کپه در روش خشکه‌کاری کپه‌ای بذر سه رقم برنج عنبروری، چمپا و LD183 در شرایط خوزستان، کاشت شش بذر در کپه برای هر سه رقم برنج پیشنهاد گردید (Lak *et al.*, 2009).

با وجود مزایای ذکر شده برای خشکه‌کاری، برخی محققین مشکلاتی را نیز برای این روش کاشت بر شمرده‌اند. هجوم شدید علف‌های هرز مهم‌ترین محدودیت برای خشکه‌کاری برنج است. در این روش عملکرد محصول برنج به علت استقرار ضعیف بوته‌ها و رقابت بالای علف‌های

اوره مصرف شد. همچنین کود اوره سرک به میزان ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در سه مرحله (سه قسط) در طول دوره رشد مصرف شد. در روش کاشت نشایی مرسوم، قبل از انتقال نشاها از خزانه به زمین اصلی، کرت‌های مربوطه غرقاب شده و عملیات گلخراپی در آنها انجام شد. پس از انتقال نشاهای ۳۰ روزه به زمین اصلی نیز مزرعه به طور پیوسته غرقاب بود. روش آبیاری مورد استفاده در کاشت نشایی به صورت غرقابی دائم (شاهد) و در دیگر روش‌های کاشت (خشکه‌کاری) به صورت آبیاری سطحی متناوب (هر ۳ یا ۴ روز یکبار) بود.

پایش و مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های احتمالی نیز با همکاری محققان بخش گیاهپزشکی انجام شد. علف هرز در برخی تیمارها مشاهده گردید که با استفاده از علفکش‌های 2-4-D و تاپیک هر کدام یک بار و به میزان ۲ لیتر بر هکتار پایش گردید. آرایش کاشت (فاصله بین نشاها و کپه‌ها) ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر بود. در تیمار کاشت روی پشته، فاصله مرکز به مرکز پشته‌ها ۷۵ سانتی‌متر بود و قبل از کاشت بذر، سطح روی پشته‌ها کمی پهن تر شد (توسط شپیر یا توسط بیل) و روی هر پشته سه خط کاشت گردید.

شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در این تحقیق عبارت بودند از مدت زمان لازم برای عملیات کاشت در واحد سطح (شامل آماده‌سازی زمین و کاشت)، ظرفیت مزرعه‌ای ماشین کارنده، مقدار و بهره‌وری آب، تعداد بوته سبز شده در مترمربع، درصد سبز شدن بذرها، ارتفاع بوته، تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و عملکرد شلتوک. علاوه بر تجزیه و تحلیل شاخص‌های ذکر شده، تحلیل اقتصادی روش‌های کاشت از دیدگاه منافع تولید کننده (کشاورز) و منافع ملی نیز انجام شد و بهترین روش کاشت، با تعیین هزینه‌های تولید و درآمدهای ناشی از به کارگیری هر کدام از تیمارها و با استفاده از روش تحلیل درآمد به هزینه معرفی شد. روش اندازه‌گیری شاخص‌های مورد بررسی در این آزمایش به شرح زیر بود:

مدت زمان لازم برای عملیات کاشت در واحد سطح

برای تعیین کل زمان مورد نیاز، مجموع زمان‌های مفید و دور زدن ماشین در ابتدا و انتهای مزرعه، در هنگام انجام عملیات با سرعت کاری ماشین و در یک سطح مشخص

خاک، آبیاری تحت فشار، خاک ورزی حفاظتی و ... در دستور کار قرار گیرد (Kiani & Razaghi, 2019).

بنابر آنچه بیان شد، خشکه‌کاری یا کاشت مستقیم بذر برنج در زمین اصلی و آبیاری متناوب به جای غرقابی دائم مزرعه، یکی از راهکارهایی است که ممکن است بتواند مصرف آب در تولید برنج را کاهش دهد. به طور کلی، با وجود این که تحقیقات انجام شده در دنیا نشان داده است که کاهش مصرف آب در برنج با استفاده از روش خشکه‌کاری امکان‌پذیر است، پژوهش‌های متمرکزی برای انتخاب و معرفی ماشین‌ها و روش‌های مناسب برای خشکه‌کاری برنج در مناطق مستعد انجام نشده است. کارایی ماشین‌ها و ماشین‌های گوناگون مورد استفاده در خشکه‌کاری برنج در شرایط و مناطق مختلف کشور یکسان نیست و لازم است در شرایط خاص آن مناطق مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند. لذا این تحقیق به منظور پاسخ به این نیاز، در استان خوزستان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی روش‌های خشکه‌کاری برنج در استان خوزستان انجام شد. به این منظور آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار استفاده شد که در آن تیمارهای آزمایش شامل موارد زیر بود:

کاشت بذر در بستر مسطح با خطی‌کار غلات
کاشت بذر روی پشته با کارنده جوی و پشته‌کار غلات
کپه‌کاری بذر روی پشته

کاشت نشایی مرسوم + آبیاری غرقابی دائم (شاهد)

در هر آزمایش، دو رقم بی‌هوازی محلی چمپا و عنبری و یک رقم جدید هوازی ویژه آبیاری متناوب در آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند.

آزمایش‌ها در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در زمینی که سال قبل تسطیح لیزری شده بود، اجرا گردید. در همه تیمارها آماده سازی بستر بذر با چیزل پکر به عمق ۱۵ سانتی‌متر، دیسک و ماله (تسطیح‌گر) انجام گردید و کود پایه و سرک مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص از نوع سوپرفسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم خالص از نوع سولفات پتاسیم و ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از نوع

در این معادله، PE: میزان سبز شدن بذرها (درصد)، n: تعداد کل بذهای سبز شده در واحد سطح و N: تعداد کل بذرهایی که به صورت اسمی در واحد سطح کشت شده و بر اساس قوه نامیه می‌بایست جوانه بزند. مقدار N برای هر تیمار نیز از معادله (۳) محاسبه گردید.

$$N = \frac{s.q}{m} \times 100 \quad (3)$$

در این معادله S مقدار بذر مصرفی (گرم بر مترمربع)، m وزن هزار دانه (g)، و q درصد قوه نامیه بذره‌های کاشته شده است.

تعداد خوشه در واحد سطح و شاخص برداشت

برای این منظور در هر کرت تعداد ۵ نقطه تصادفی با انداختن چهارچوب ۵۰×۵۰ سانتی‌متر معین شد و تمام بوته‌های موجود در کادر به همراه خوشه‌ها به صورت کف‌بر برداشت گردید و تعداد خوشه آنها شمارش و ثبت شد. سپس نمونه‌ها برای مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۵۵ درجه‌ی سلسیوس قرار داده شدند تا کاملاً خشک شود. سپس شلتوک و اندام‌های رویشی خشک شده به صورت مجزا توزین و شاخص برداشت از معادله (۴) محاسبه شد (Dehghan & Almasi, 2004).

$$HI = \frac{Y_p}{D_m} \times 100 \quad (4)$$

در این معادله HI شاخص برداشت (درصد)، Y_p وزن شلتوک برداشت شده در واحد سطح (g)، و D_m وزن کل ماده خشک برداشت شده در واحد سطح (g) است.

وزن هزار دانه

برای تعیین وزن هزاردانه، از دانه‌های شلتوک جدا شده سه نمونه ۱۰۰ تایی شمارش و توزین شد. همچنین مقدار ۱۰۰ گرم دانه به دقت توزین و برای تعیین درصد رطوبت به آزمایشگاه ارسال گردید و پس از تعیین درصد رطوبت بر مبنای وزن خشک، وزن هزار دانه با رطوبت ۱۴ درصد (استاندارد) و با استفاده از معادله (۵) محاسبه شد (Dehghan & Almasi, 2004).

$$Y_{ws} = \frac{Y_f \times (100 - VL)}{100 - W_s} \times 100 \quad (5)$$

در این معادله Y_{ws} وزن دانه با رطوبت استاندارد (g)، Y_f وزن دانه با رطوبت مزرعه (g)، VL درصد رطوبت دانه در مزرعه و W_s درصد رطوبت استاندارد دانه (۱۴ درصد) هستند.

(۱۰۰۰ مترمربع)، توسط زمان‌سنج به طور جداگانه محاسبه شده و سپس با مشخص بودن سطح عملیات و جمع کردن زمان‌های مفید و غیرمفید (زمان دور زدن در ابتدا و انتهای زمین)، کل زمان مورد نیاز عملیات کاشت در واحد سطح محاسبه شد. همچنین، زمان مورد نیاز روش نشاکاری، شامل مجموع زمان انتقال سینی نشاها و کاشت آنها در زمین اصلی توسط کارگر، در مساحتی معادل ۱۰۰ مترمربع با زمان‌سنج اندازه‌گیری شد.

ظرفیت مزرعه‌ای

در آزمایش‌ها ظرفیت مزرعه‌ای (کار انجام شده بر حسب سطح یا ماده توسط ماشین در مدت یک ساعت)، از تقسیم سطح انجام عملیات بر کل زمان‌های مفید و غیرمفید و با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید.

$$C_a = \frac{A}{T} \quad (1)$$

در این معادله C_a ظرفیت مزرعه‌ای هر کارنده (هکتار در ساعت)، A مساحت مشخص کاشت شده (هکتار) و T زمان صرف شده برای عملیات کاشت مساحت مشخص شده (ساعت) هستند.

حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب

در هر نوبت آبیاری، مقدار آب وارد شده به هر کرت آزمایشی توسط شمارنده یا فلوم اندازه‌گیری شد. با تقسیم مجموع آب اختصاص داده شده برای هر کرت در طول فصل رشد بر مساحت کرت، حجم آب آبیاری در واحد سطح تعیین و با یک تناسب، حجم کل آب آبیاری در هر هکتار محاسبه گردید. از نسبت عملکرد محصول به حجم آب آبیاری در هر هکتار مقدار بهره‌وری آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

درصد سبز شدن بذرها

در هر کرت آزمایشی ۱۰ تا ۱۵ روز پس از کاشت و با نادیده گرفتن نیم متر از هر طرف کرت به عنوان حاشیه، تعداد ۵ نقطه تصادفی با انداختن چهارچوب ۵۰×۵۰ سانتی‌متر معین شد و تعداد بذره‌های سبز شده (بوته‌های روییده) در محدوده چهارچوب‌ها شمارش و میانگین تعداد بوته سبز شده در مترمربع معین شد. درصد سبز شدن بذرها با استفاده از معادله (۲) اندازه‌گیری شد.

$$PE = \frac{n}{N} \times 100 \quad (2)$$

$$\Delta TR_2 - \Delta TR_1 > \Delta TVC_2 - \Delta TVC_1 \quad (۶)$$

$$\Delta TR_1 + \Delta TVC_1 > \Delta TR_2 - \Delta TVC_1 \quad (۷)$$

در این معادلات ΔTR_1 افزایش درآمد ناشی از به‌کارگیری روش جدید، ΔTR_2 کاهش درآمد ناشی از به‌کارگیری روش جدید، ΔTVC_1 کاهش هزینه ناشی از به‌کارگیری روش جدید، و ΔTVC_2 افزایش هزینه ناشی از به‌کارگیری روش جدید هستند.

استفاده از روش یا سازوکار جدید به جای روش یا سازوکار موجود زمانی توجیه اقتصادی دارد که درآمد خالص ناشی از به‌کارگیری آن از هزینه خالص ناشی از به‌کارگیری آن بیش‌تر باشد (Chidzi, 2000). پس از مرتب کردن روش‌های کاشت مورد بررسی از نظر تغییر درآمد خالص، تیمارها دو به دو مقایسه شدند و با استفاده از شاخص سود خالص نهایی ترجیح سرمایه‌گذاری در آنها برآورد شد (Asadi & Zamanian, 2007). در این تحقیق نیز با تحلیل واریانس و مقایسه درآمد خالص روش‌های کاشت، روشی که بالاترین منفعت اقتصادی را برای کشاورزان داشته، معرفی شد.

لازم به ذکر است که معمولاً زمان ایجاد همه هزینه‌ها و درآمدها یکسان نبوده و ارزش آنها تحت تأثیر زمان متفاوت است. لذا برای مقایسه اقتصادی سامانه‌ها، ابتدا ارزش هزینه‌ها و درآمدها با استفاده از روش ریاضیات مالی پرداخت یک‌بار (معادله (۸)) یکنواخت شده و سپس داده‌ها در محیط نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۱ یا Excel نسخه ۲۰۱۹ و با استفاده از روش ارزش کنونی خالص^۲ یا ارزش حال تفاضل درآمدها و هزینه‌ها با توجه به نرخ تنزیل (معادله (۸) یا (۹))، مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفت. چنانچه مقدار ارزش کنونی خالص مثبت باشد گویای توجیه‌پذیری کار است (Asadi & Zamanian, 2007; Chidzi, 2000).

$$F = P(1 + i)^n \quad (۸)$$

در این معادله F ارزش آینده، P ارزش کنونی، i نرخ بهره (درصد)، و n تعداد سال هستند.

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{B_i - C_i}{(1+i)^i} \quad (۹)$$

در این معادله NPV ارزش کنونی خالص، B درآمدها، C هزینه‌ها، r نرخ تنزیل (درصد)، i سال عمر پروژه، و n عمر پروژه (سال) هستند.

تعداد دانه در خوشه

با استفاده از وزن شلتوک جدا شده از خوشه‌های بریده شده برای شاخص برداشت، تعداد دانه در واحد سطح محاسبه شد و با تقسیم تعداد دانه بر تعداد خوشه در واحد سطح تعداد دانه در خوشه به دست آمد.

ارتفاع بوته

در هر کرت آزمایشی، در زمان برداشت و با نادیده گرفتن یک متر از هر طرف کرت به عنوان حاشیه، از میان بوته‌های موجود در آن کرت تعداد ۲۰ خوشه اصلی به طور تصادفی انتخاب و ارتفاع آنها اندازه‌گیری و میانگین آنها به عنوان ارتفاع بوته در هر کرت در نظر گرفته شد.

عملکرد شلتوک

برای تعیین عملکرد شلتوک در واحد سطح، با رسیدن ۸۵ درصد دانه‌ها در خوشه، ابتدا ۱/۵ متر از حواشی کرت حذف شد. سپس عملیات برداشت در مساحت ۱۰ مترمربع از درون کرت انجام شد. شلتوک توسط خرمن‌کوب از خوشه جدا و توزین گردید. رطوبت شلتوک به روش قبلی تعیین و با استفاده از معادله (۵) به عملکرد شلتوک در واحد سطح با رطوبت ۱۴ درصد تبدیل شد.

ارزیابی اقتصادی تیمارها

در این تحقیق، تحلیل اقتصادی روش‌های کاشت و ارقام مورد بررسی به تفکیک انجام شد. به این منظور میزان مصرف و قیمت نهاده‌ها، حجم آب آبیاری، اجاره زمین در یک فصل، میزان تولید شلتوک و قیمت محول به تفکیک روش کاشت و رقم مورد استفاده، در نظر گرفته شد.

برای ارزیابی و مقایسه اقتصادی روش‌های گوناگون کاشت برنج، از روش بودجه‌بندی جزئی^۱ استفاده شد. روش بودجه‌بندی جزئی در مواردی به‌کار می‌رود که تغییرات کوچکی در سامانه تولید ایجاد می‌شود و با تعیین اثر این تغییرات بر هزینه‌ها و درآمدها، در مورد جایگزینی آنها تصمیم‌گیری می‌شود (Tavakoli, 2011). در روش بودجه‌بندی جزئی، با استفاده از معادله (۶) یا (۷)، افزایش یا کاهش در هزینه‌ها و درآمدهای ناشی از به‌کارگیری هر کدام از روش‌های کاشت محاسبه شد و اقتصادی بودن یا نبودن آنها بررسی گردید.

نتایج و بحث

زمان مورد نیاز و ظرفیت مزرعه‌ای

نتایج این تحقیق نشان داد که از نظر زمان مورد نیاز برای عملیات کاشت بین روش‌های مختلف اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). از دیدگاه شاخص ظرفیت مزرعه‌ای نیز هرچند بین میانگین روش‌های سه‌گانه خشکه‌کاری اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما تفاوت بین میانگین ظرفیت مزرعه‌ای هر کدام از آنها با روش نشاکاری مرسوم به شدت زیاد بود. ظرفیت مزرعه‌ای روش‌های نشاکاری مرسوم و خشکه‌کاری برنج به صورت خطی‌کاری در بستر مسطح، خطی‌کاری روی پشته و کپه‌کاری روی پشته به ترتیب ۰/۰۰۴، ۰/۰۹، ۰/۰۶ و ۰/۰۷ هکتار بر ساعت بود (جدول ۲). به بیان دیگر اگر ساعات قابل انجام کار در طول یک روز ۱۰ ساعت در نظر گرفته شود، در طول یک روز در روش‌های خشکه‌کاری برنج به صورت خطی‌کاری در بستر مسطح، خطی‌کاری روی پشته و کپه‌کاری روی پشته به ترتیب می‌توان ۹، ۶/۴ و ۷/۳ هکتار را کاشت کرد، در حالی که در روش نشاکاری تنها می‌توان ۴۰۰ مترمربع را کاشت نمود. بر این مبنا، در روش نشاکاری مرسوم کشاورزان ناچار هستند برای کاشت به موقع مزرعه تعداد زیادی کارگر را استخدام کرده و

سختی و خطر تأمین و مدیریت به کارگیری آنها را متقبل شوند.

میانگین زمان مورد نیاز برای روش‌های خشکه‌کاری در بستر مسطح، روی پشته و کپه‌کاری روی پشته به ترتیب ۱/۲۰، ۱/۶۸ و ۱/۳۷ ساعت بر هکتار بود و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. در حالی که روش نشاکاری مرسوم با میانگین زمان مورد نیاز ۲۶۵/۹ ساعت بر هکتار با روش‌های خشکه‌کاری تفاوت بسیار زیادی داشت (جدول ۲). در روش مرسوم نشاکاری، مهم‌ترین عملیات زمان‌بر مربوط به تولید نشا در خزانه و انتقال و کاشت نشاها در زمین اصلی با دست و نیروی کارگری است. به عنوان نمونه برای کندن، انتقال و کاشت نشاء در زمین اصلی به ۴۰ تا ۵۰ نفر روز کارگر نیاز است. این در حالی است که در روش‌های کاشت به صورت خشکه‌کاری عملیات مربوط به آماده‌سازی، کاشت و داشت خزانه و همچنین انتقال نشاها و سپس کاشت آنها در زمین اصلی حذف شده و بذر شلتوک با یک بار عبور ماشین کارنده در زمین اصلی کاشته می‌شود. این کار نه تنها باعث کاهش چشمگیر هزینه‌های کاشت می‌شود، بلکه با کاشت مزرعه در زمان کمتر از ۲ ساعت بر هکتار راحتی و آسایش زیادی برای کشاورزان برنج‌کار به همراه خواهد داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر روش کاشت بر شاخص‌های فنی مورد بررسی

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه‌ی آزادی	زمان مورد نیاز (ساعت بر هکتار)	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار بر ساعت)	میانگین مربعات (MS)
تکرار	۲	۵/۹۰۷	۰/۰۰۸	
روش کاشت (نوع کارنده)	۳	۱۵۷۳۷۶/۹۷۶ **	۱/۳۹۳ **	
خطا	۶	۱۰/۱۹۴	۰/۰۰۳	
ضریب تغییرات (CV) (درصد)		۴/۷۳	۹/۰۲	

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های شاخص‌های فنی روش کاشت

تیمار	زمان مورد نیاز (ساعت بر هکتار)	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار بر ساعت)	میانگین صفات و مقایسه آنها با آزمون دانکن (سطح احتمال ۵ درصد)*
کاشت بذر در بستر مسطح با آبیاری متناوب	۱/۲۰ ^b	۰/۹۱ ^a	
کاشت بذر روی پشته با آبیاری متناوب	۱/۶۸ ^b	۰/۶۴ ^c	
کپه‌کاری بذر روی پشته با آبیاری متناوب	۱/۳۷ ^b	۰/۷۳ ^b	
کاشت نشایی مرسوم با آبیاری غرقابی دائم	۲۶۵/۹۰ ^a	۰/۰۰۴ ^d	

* در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

خواهد شد. کم بودن ظرفیت ناوگان مکانیزه نسبت به زمان در اختیار باعث افزایش در هزینه‌های به موقع انجام نشدن عملیات می‌شود (Habibi Asl & Dehghan, 2012).

درصد سبز شدن بذرها

تحلیل آماری درصد سبز شدن بذرها نشان داد که از نظر این شاخص تفاوت بین روش‌های کاشت مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما تفاوت بین سطوح رقم و تفاوت سطوح اثر متقابل رقم و روش کاشت معنی‌دار نبود (جدول ۳).

تعداد عملیات، نقش مهمی در زمان مورد نیاز یک عملیات کشاورزی دارد. کل زمان مورد نیاز در فعالیت‌های مختلف کشاورزی عمدتاً به نوع و تعداد رفت و آمد ماشین‌ها و ادوات بر روی زمین، سرعت پیشروی و عرض کار ادوات بستگی دارد (Habibi Asl et al., 2009). به طور کلی افزایش زمان مورد نیاز برای اجرای یک سامانه نسبت به سامانه دیگر به معنای نیاز به در اختیار داشتن روزهای کاری مناسب بیشتر و یا افزایش در ناوگان مکانیزه برای انجام به موقع عملیات است. به عبارت دیگر انتخاب یک سامانه خاک‌ورزی یا کاشت با زمان مورد نیاز کمتر، باعث آزاد شدن تراکتور و ادوات و ایجاد امکان انجام عملیات در سطح وسیع‌تر در یک محدوده زمانی مشخص

جدول ۳ - تجزیه واریانس اثر سطوح رقم، روش کاشت و اثر متقابل آنها بر شاخص‌های زراعی ارقام برنج

میانگین مربعات (MS)							منبع تغییرات	درجه‌ی آزادی
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در خوشه	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد بوته در متر مربع	سبز شدن بذرها (درصد)		
۲۰/۰۳	۷۱۹۳/۰	۱/۶۳	۱۱۹/۳	۸۵۶/۱	۴۱۲/۰	۲۵/۳	۲	تکرار
۱۰۱۲۲/۸۶**	۵۵۴۳۶/۸ ^{ns}	۲۱/۱۹**	۶۵۶۷/۴**	۸۹۸۸۴/۱**	۳۸۷۳/۱**	۱۶/۵ ^{ns}	۲	رقم
۶۴/۰۷ ^{ns}	۱۱۵۹۲۸/۹ ^{ns}	۴/۶۹ ^{ns}	۱۶۳/۱ ^{ns}	۸۸۰/۳ ^{ns}	۴۸۴۸/۹**	۷۵۳/۳**	۳	روش کاشت (نوع کارنده)
۹۸/۶۰ ^{ns}	۴۷۳۱۶۳/۸ ^{ns}	۳/۰۴ ^{ns}	۱۳۴/۹ ^{ns}	۳۲۷۲/۱ ^{ns}	۱۷۰۵/۵**	۳۵/۴ ^{ns}	۶	اثر متقابل رقم و روش کاشت
۴۷/۲۱	۲۱۵۵۰۹/۴	۲/۱۵	۲۱۳/۴	۲۷۱۶/۰	۴۵۰/۲	۴۱/۱	۲۲	خطا
۶/۲	۱۲/۹	۶/۹	۱۷/۰	۱۹/۹	۱۲/۲	۷/۹		ضریب تغییرات (CV) (درصد)

* : تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** : تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ^{ns} : تفاوت معنی‌دار نیست.

زیر لایه خاک ارتباط دارد. در خشکه‌کاری کپه‌ای برنج، بذرها در نقاط شبکه‌ای با فاصله ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر کاشته می‌شوند. بر خلاف روش‌های خشکه‌کاری با خطی‌کار در بستر مسطح و روی پشته که در آنها بذرها تقریباً به صورت مجزا از هم در زیر خاک و کلوخه‌ها قرار می‌گیرند و ممکن است زیر فشار کلوخه‌ها یا سله‌بندی خاک خفه شوند، در کپه‌کاری در هر نقطه تعداد سه تا پنج بذر در کنار هم کاشته می‌شود. سبز شدن هم‌زمان بذرها هر کپه باعث هم‌افزایی نیروی آنها برای کنار زدن کلوخه‌ها و خروج آسان‌تر آنها از خاک شده و درصد بذرها سبز شده را بیشتر می‌کند. افزون بر این، در

میانگین درصد سبز شدن بذرها برای هر سه رقم مورد بررسی بین ۸۰ تا ۸۲ درصد بود و هر سه رقم در یک گروه آماری قرار گرفتند. بیش‌ترین درصد سبز شدن بذرها به مقدار ۹۳ درصد در روش خشکه‌کاری به صورت کپه‌کاری بذر روی پشته به دست آمد. در روش کاشت نشاکاری مرسوم نیز ۸۳ درصد بذرها سبز شد. در روش‌های خشکه‌کاری بذر با خطی‌کار غلات در بستر مسطح و کاشت بذر روی پشته با کارنده جوی و پشته‌کار غلات نیز ۷۲ درصد بذرها سبز شدند (جدول ۴).

دلیل برتری کپه‌کاری و روش کاشت در خزانه (مرسوم) به توانایی بذرها در کنار زدن خاک و خروج از

حالی که در زمین اصلی (که بذر برنج در روش‌های خشکه‌کاری مستقیماً در آن کاشته می‌شود) دارای ناهمواری بیش‌تری بوده و دامنه تغییرات اندازه کلوخه‌ها بیش‌تر است و یکنواختی آنها کمتر رعایت می‌شود. به طور کلی، بر خلاف بستر خزانه، در روش‌های خشکه‌کاری که بذرها مستقیماً در زمین اصلی کاشته می‌شوند، تعدادی از بذرها در زیر کلوخه‌های درشت قرار گرفته و در اثر خفگی نمی‌توانند سبز شوند.

کاشت روی پشته احتمال سله بستن روی بذرها بسیار کم‌تر است.

در روش کاشت نشایی (مرسوم) نیز ابتدا بذرها در خزانه کاشت شده و گیاهچه‌ها پس از رشد به زمین اصلی منتقل و به صورت چندتایی در نقاط شبکه‌ای با فاصله ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر کاشته می‌شوند. به طور معمول مساحت خزانه کوچک و ۴ تا ۵ درصد مساحت زمین اصلی است، لذا آماده سازی بستر (دانه‌بندی و نرمی خاک) خزانه و آبیاری آن با دقت بسیار بالا و به خوبی انجام می‌شود، در

جدول ۴- مقایسه و کلاس‌بندی میانگین صفات زراعی مورد بررسی در سطوح مختلف رقم، روش کاشت و اثر متقابل آنها

*میانگین صفات و مقایسه آنها با آزمون دانکن (سطح احتمال ۵ درصد)						
تیمار	سبز شدن بذرها (درصد)	تعداد بوته در مترمربع	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)	مسکودانه (کیلوگرم به هکتار)
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)						
رقم (S)						
S1	۸۰ ^a	۱۹۲ ^a	۲۲۶ ^b	۹۴ ^a	۲۰/۶ ^b	۳۶۷۰ ^a
S2	۸۲ ^a	۱۵۶ ^b	۱۹۹ ^b	۱۰۴ ^a	۲۰/۵ ^b	۳۷۴۰ ^a
S3	۸۱ ^a	۱۷۳ ^b	۳۶۰ ^a	۶۰ ^b	۲۲/۹ ^a	۳۴۱۳ ^a
روش کاشت (P)						
P1	۷۲ ^c	۲۳۱ ^a	۲۷۵ ^a	۸۶ ^a	۲۲/۲ ^a	۳۵۸۹ ^a
P2	۷۲ ^c	۲۴۲ ^a	۲۶۳ ^a	۸۳ ^a	۲۱/۲ ^{ab}	۳۷۴۲ ^a
P3	۹۳ ^a	۱۱۶ ^b	۲۵۷ ^a	۸۲ ^a	۲۰/۴ ^b	۳۶۳۳ ^a
P4	۸۳ ^b	۱۰۳ ^b	۲۵۲ ^a	۹۱ ^a	۲۱/۴ ^{ab}	۳۴۶۷ ^a
اثر متقابل S×P						
S1P1	۷۵ ^{cde}	۲۷۳ ^a	۲۱۲ ^c	۹۷ ^a	۲۲/۱ ^{ab}	۳۴۴۰ ^{ab}
S1P2	۷۱ ^{de}	۲۷۷ ^a	۲۳۵ ^c	۹۲ ^a	۲۱/۰ ^{bc}	۴۰۹۵ ^a
S1P3	۹۰ ^{ab}	۱۱۳ ^c	۲۵۰ ^c	۸۲ ^{ab}	۱۹/۱ ^c	۳۴۷۷ ^{ab}
S1P4	۸۳ ^{bcd}	۱۰۳ ^c	۲۰۵ ^c	۱۰۵ ^a	۲۰/۳ ^{bc}	۳۶۶۷ ^{ab}
S2P1	۷۵ ^{cde}	۲۰۵ ^b	۲۶۳ ^{bc}	۹۸ ^a	۲۰/۰ ^{bc}	۴۰۷۰ ^a
S2P2	۷۸ ^{cde}	۱۹۷ ^b	۱۹۰ ^c	۱۰۶ ^a	۲۱/۰ ^{bc}	۳۶۳۶ ^{ab}
S2P3	۹۳ ^{ab}	۱۱۶ ^c	۱۶۸ ^c	۱۰۴ ^a	۱۹/۹ ^{bc}	۳۴۴۷ ^{ab}
S2P4	۸۳ ^{bcd}	۱۰۳ ^c	۱۷۵ ^c	۱۰۸ ^a	۲۱/۱ ^{bc}	۳۸۰۸ ^{ab}
S3P1	۷۷ ^{cde}	۲۱۵ ^b	۳۴۹ ^{ab}	۶۴ ^{bc}	۲۴/۷ ^a	۳۲۵۷ ^{ab}
S3P2	۶۶ ^c	۲۵۱ ^a	۳۶۴ ^a	۵۲ ^c	۲۱/۷ ^{bc}	۳۴۹۵ ^{ab}
S3P3	۹۵ ^a	۱۱۹ ^c	۳۵۴ ^{ab}	۶۰ ^{bc}	۲۲/۴ ^{ab}	۳۹۷۴ ^a
S3P4	۸۴ ^{abc}	۱۰۵ ^c	۳۷۵ ^a	۶۱ ^{bc}	۲۲/۷ ^{ab}	۲۹۲۷ ^b

*: در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، معنی‌دار نیست.

تعداد بوته در مترمربع

تفاوت بین ارقام، روش‌های کاشت و سطوح اثر متقابل رقم و روش کاشت از نظر شاخص تعداد بوته در واحد سطح در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد بوته در واحد سطح به مقدار ۱۹۲ بوته در مترمربع از رقم

محلی چمپا به دست آمد. دو رقم عنبروری و هوازی نیز به ترتیب با تعداد ۱۵۶ و ۱۷۳ بوته در مترمربع در یک گروه آماری قرار (جدول ۴).

از نظر روش کاشت، بیش‌ترین تعداد بوته در واحد سطح به مقدار ۲۳۱ و ۲۴۲ بوته در مترمربع از روش‌های

تعداد خوشه در مترمربع

در این تحقیق، از نظر تعداد خوشه در مترمربع ارقام مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌دار بودند، اما بین روش‌های کاشت و سطوح اثر متقابل رقم و روش کاشت تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد خوشه در مترمربع به مقدار ۳۶۰ خوشه از رقم هوازی به دست آمد، اما ارقام محلی بی‌هوازی چمپا و عنبوری با تعداد ۲۲۶ و ۱۹۹ خوشه در مترمربع، در یک گروه آماری قرار گرفتند. این داده‌ها نشان داد که رقم هوازی نسبت به ارقام محلی توان پنجه‌زنی بالاتری دارد. اصولاً ارقام برنج پاکوتاه (که رقم هوازی تحقیق حاضر را نیز شامل می‌شود)، بیوماس کم‌تری برای رشد عمودی گیاه صرف کرده و از این رو تعداد پنجه بیش‌تری تولید می‌کنند و این پنجه‌ها در نهایت خوشه تولید می‌کنند. بررسی میانگین سطوح اثر متقابل تیمارها نیز روشن نمود که هم در رقم هوازی و هم در رقم‌های محلی چمپا و عنبوری تغییر روش کاشت اثر معنی‌داری بر تعداد خوشه در مترمربع نداشت (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های برخی محققین (Xuemei, et al, 2020) مبنی بر معنی‌دار نبودن اثر روش کاشت برنج بر تعداد خوشه در واحد سطح مطابقت دارد.

تعداد دانه در خوشه

نتایج این تحقیق روشن نمود که ارقام مورد بررسی از نظر تعداد دانه در هر خوشه، اختلاف معنی‌داری داشتند، اما تفاوت بین روش‌های کاشت و سطوح اثر متقابل رقم و روش کاشت معنی‌دار نبود (جدول ۳). کم‌ترین تعداد دانه در خوشه به مقدار ۶۰ عدد از رقم پاکوتاه و پر پنجه هوازی به دست آمد، در حالی که ارقام محلی عنبوری و چمپا به ترتیب با تعداد ۱۰۴ و ۹۴ دانه در خوشه در یک گروه آماری قرار گرفته و از رقم هوازی برتر بودند. در بین روش‌های کاشت نیز روش نشاکاری مرسوم توانست بیش‌ترین تعداد دانه در خوشه را به میزان ۹۱ عدد تولید کند (جدول ۴).

رقم هوازی مورد بررسی در تحقیق حاضر، یک رقم پاکوتاه بوده و به دلیل تولید پنجه و خوشه‌های بارور بیش‌تر نسبت به ارقام محلی پابلند چمپا و عنبوری، تعداد دانه در خوشه کم‌تری تولید نمود. تعداد دانه در خوشه یکی از اجزای مهم و تعیین‌کننده عملکرد دانه در ارقام برنج است (به‌ویژه در کشت مستقیم) که معمولاً با تعداد

خشکه‌کاری با ماشین خطی‌کار در بستر مسطح و روی پشته به دست آمد (شکل ۱)، در حالی که مقدار این شاخص در روش‌های مرسوم و خشکه‌کاری بذر به صورت کپه‌ای به ترتیب با ۱۰۳ و ۱۱۶ بوته در مترمربع در یک گروه آماری قرار گرفتند و به طور معنی‌دار از دو روش دیگر کم‌تر بود. هم‌چنین مقایسه میانگین سطوح اثر متقابل رقم و روش کاشت نیز بیان‌گر تفاوت زیاد بین ترکیب‌های تیماری بود و بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد بوته در واحد سطح به مقدار ۲۷۷ و ۱۰۳ بوته در مترمربع به ترتیب از ترکیب‌های تیماری رقم چمپا با روش کاشت خشکه‌کاری روی پشته با ماشین خطی‌کار و ارقام چمپا و عنبوری با روش کاشت مرسوم به دست آمد (جدول ۴). کم‌تر بودن معنی‌دار تعداد بوته در واحد سطح در روش‌های مرسوم و پایداری گیاهچه‌ها در مزرعه با دسترسی آنها به رطوبت، تهویه خاک و مواد تغذیه‌ای و دوری از تنش‌های محیطی رابطه تنگاتنگی دارد. در روش کاشت نشایی مرسوم با آبیاری غرقابی دائم و خشکه‌کاری روی پشته به صورت کپه‌ای با آبیاری متناوب، دلیل کم‌تر بودن تعداد بوته در واحد سطح نسبت به روش‌های خشکه‌کاری در بستر مسطح و روی پشته با ماشین خطی‌کار، کمتر بودن تعداد بذر کاشته شده در این تیمارها است. بر اساس دستورالعمل موجود (Gilani & Kariminejad, 2008) مقدار بذر کاشته شده در روش‌های خشکه‌کاری در بستر مسطح و خشکه‌کاری روی پشته با ماشین خطی‌کار ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار بود در حالی که در دو روش‌های نشاکاری مرسوم و خشکه‌کاری بذر به صورت کپه‌ای نیز بر اساس دستورالعمل، به ترتیب ۴۰ و ۲۰ کیلوگرم بر هکتار بذر کاشته شد.



شکل ۱- استقرار بوته‌ها در تیمار خشکه‌کاری روی پشته با آبیاری متناوب

از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند و هر کدام از ارقام را می‌توان با هر کدام از روش‌های چهارگانه مورد بررسی کاشت نمود. با این وجود برای رقم محلی و پرکیفیت چمپا، بیش‌ترین عملکرد دانه شلتوک به مقدار ۴۰۹۵ و ۳۶۶۷ کیلوگرم بر هکتار به ترتیب در روش خشکه‌کاری روی پشته با ماشین خطی‌کار به همراه آبیاری متناوب (هر چهار روز یک‌بار) و روش کاشت نشاکاری مرسوم با آبیاری غرقابی دائم به دست آمد. همچنین برای رقم محلی با کیفیت متوسط عنبوری بیش‌ترین عملکرد دانه شلتوک به مقدار ۴۰۷۰ و ۳۸۰۷ کیلوگرم بر هکتار به ترتیب در روش خشکه‌کاری در بستر مسطح با ماشین خطی‌کار به همراه آبیاری متناوب (هر چهار روز یک‌بار) و روش نشاکاری مرسوم با آبیاری غرقابی دائم به دست آمد. برای رقم هوازی نیز بیش‌ترین عملکرد دانه شلتوک به مقدار ۳۹۷۴ کیلوگرم بر هکتار در روش خشکه‌کاری روی پشته به صورت کپه‌ای به همراه آبیاری متناوب و کم‌ترین عملکرد دانه شلتوک آن به مقدار ۲۹۲۷ کیلوگرم بر هکتار در روش کاشت نشاکاری مرسوم با آبیاری غرقابی دائم به دست آمد (جدول ۴).

این نتایج بر خلاف نتایج پژوهش (Thakur et al., 2004) در ایالت آریسای هندوستان است. آنها روش‌های مختلف خشکه‌کاری، نشاکاری سنتی و کاشت بذور جوانه زده در خاک مرطوب را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که روش‌های نشاکاری و کاشت بذور جوانه زده در خاک مرطوب، با وجود مصرف آب بیش‌تر و زحمت کارگری بالاتر، عملکرد بیش‌تری نسبت به روش خشکه‌کاری داشتند. لذا آنها برای دستیابی به هدف تولید بیش‌تر محصول، خشکه‌کاری برنج را در این مناطق قابل پیشنهاد ندانستند (Thakur et al., 2004).

نتایج برخی پژوهش‌های دیگر در دنیا با یافته‌های این تحقیق مبنی بر معنی‌دار نبودن اثر روش‌های کاشت بر عملکرد شلتوک ارقام برنج مطابقت دارد. در سال‌های اخیر محققین در نقاط مختلف دنیا تلاش می‌کنند که ارقام مناسبی برای روش‌های خشکه‌کاری معرفی کنند تا بتوانند با استفاده از خشکه‌کاری، هزینه کارگری و مصرف آب را در تولید برنج کاهش دهند. در پژوهشی ۱۵ رقم و لاین برنج در ایالت پنجاب پاکستان تحت روش‌های مختلف خشکه‌کاری و نشاکاری مقایسه شده و از این میان ۷ رقم و لاین معرفی گردید که عملکرد و بهره‌وری آنها در

خوشه در بوته هم‌بستگی منفی دارد. این شاخص می‌تواند تحت تأثیر خصوصیات ساختارشناسی، ریخت‌شناسی گیاه از نظر ساختار هندسی، شرایط تغذیه‌ای، رطوبتی، عوامل اقلیمی به خصوص درجه حرارت محیط و کانوپی در ۱۰-۸ روز قبل و پس از ظهور خوشه و نیز رقابت درونی اجزای خوشه تغییر کند (Gilani, 2006).

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس داده‌های وزن هزار دانه نشان داد که ارقام مورد بررسی از نظر این شاخص اختلاف معنی‌داری دارند، اما تفاوت بین روش‌های کاشت و سطوح اثر متقابل رقم و روش کاشت معنی‌دار نبود (جدول ۳). در بین ارقام مورد بررسی، رقم هوازی از بیش‌ترین وزن هزار دانه به مقدار ۲۲/۹ گرم برخوردار شد، اما وزن هزار دانه ارقام محلی چمپا و عنبوری حدود ۲۱ گرم بود. ترکیب تیماری رقم هوازی در روش خشکه‌کاری بذر در بستر مسطح نیز با وزن هزار دانه ۲۴/۷ گرم توانست دانه‌های شلتوک درشت‌تری تولید نماید (جدول ۴).

میزان انباشت ماده خشک در هر گلچه بارور (دانه) به عنوان یکی از اجزای عملکردی اگر چه کاملاً متأثر از شرایط محیطی، به خصوص درجه حرارت در قبل و بعد از ظهور خوشه‌ها است، اما ویژگی‌های مرتبط به نوع رقم، مانند اندازه پوسته، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه و تعداد و اندازه سلول‌های اندوسپرمی از عوامل تعیین کننده وزن و اندازه شلتوک هستند. تولید دانه‌های درشت‌تر و سنگین‌تر به عنوان مهم‌ترین مخزن و جزء اقتصادی، یکی از اهداف اصلاحی در معرفی ارقام جدید برنج است. در ارقام هوازی وجود خوشه‌های فشرده‌تر و دانه‌های شلتوک بزرگ‌تر باعث ایجاد قابلیت بالاتر برای دریافت فرآورده‌های فتوسنتزی و افزایش وزن هزاردانه می‌شود (Gilani & Absalan, 2015).

عملکرد دانه شلتوک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از نظر عملکرد دانه در واحد سطح بین سطوح متغیرهای مستقل نوع رقم، روش کاشت و اثر متقابل رقم در روش کاشت تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌های سطوح اثرات متقابل رقم و روش کاشت بر عملکرد دانه شلتوک نشان داد که تیمارها

خوزستان، شدت نور زیاد و بیش از نیاز بوته‌های برنج است و بنابراین افزایش ارتفاع بوته‌ها در اثر رقابت برای جذب نور تا حدود زیادی حذف می‌شود.

مقایسه دو نوع بذرکار (خطی کار و سانتریفوژ) با مقادیر مختلف بذر رقم عنبوری قرمز در کشت مستقیم خشکه‌کاری در خوزستان نیز نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر روش کاشت و میزان تراکم بذر قرار نمی‌گیرد (Gilani, 2006). این نتیجه با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.



شکل ۲- مقایسه ارتفاع بوته‌های کف‌بر شده ارقام مورد بررسی

حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب

نتایج نشان داد که بیش‌ترین مصرف آب مربوط به روش نشاکاری با مقدار ۳۵۲۲۰ مترمکعب در هکتار بود. همچنین روش‌های خشکه‌کاری جوی و پشته‌ای و کپه‌کاری با به ترتیب ۱۷۸۵۰ و ۱۷۸۰۰ مترمکعب در هکتار، کم‌ترین میزان مصرف آب را داشتند. مصرف آب روش خشکه‌کاری کرتی ۲۳۱۴۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۳). این نتایج نشان می‌دهد که مصرف آب در روش خشکه‌کاری کرتی نسبت به روش نشاکاری کاری کرتی به تنهایی ۳۴/۳ درصد کاهش داشته است. با توجه به تفاوت اساسی بین نشاکاری و روش‌های خشکه‌کاری، دست‌یابی به نتیجه مزبور منطقی است زیرا بخشی از کل آب مصرفی صرف ایجاد بستر گل‌خرابی در خزانه و زمین اصلی برای استقرار بذر و نشاهای اصلی و نیز مدیریت اول فصل کاشت نشایی برای کاهش خطر ترک خوردن بستر می‌شود. اما در روش‌های خشکه‌کاری به جهت کاشت بذر خشک در یک بستری خشک نه تنها

روش‌های مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری نداشت (Ali *et al.*, 2007). همچنین، در پژوهشی دیگر روش کاشت برنج اعم از نشاکاری، خشکه‌کاری و کاشت بذور جوانه زده مورد بررسی قرار گرفت. اگرچه مشاهده گردید که عملکرد دانه روش نشاکاری به طور متوسط ۶/۵ درصد بیش‌تر از عملکرد دانه تیمارهای دیگر است، ولی این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود (Ehsanullah *et al.*, 2007).

معنی‌دار نشدن اثر متقابل رقم و روش کاشت به این مفهوم است که برای توسعه تولید برنج در منطقه خوزستان می‌توان از بین روش‌های کاشت-آبیاری مورد بررسی روشی را پیشنهاد داد که بهره‌وری فیزیکی آب بالاتری داشته و درآمد خالص اقتصادی بیش‌تری برای کشاورزان ایجاد کند. این در حالی است که چنین فرصت و شرایطی (برابر یا بیش‌تر بودن عملکرد دانه شلتوک در روش‌های خشکه‌کاری نسبت به روش نشاکاری مرسوم) در بسیاری از مناطق دنیا و حتی ایران وجود ندارد.

ارتفاع بوته

در این تحقیق، ارقام مورد بررسی از نظر ارتفاع بوته دارای اختلاف معنی‌دار بودند، اما بین روش‌های کاشت و سطوح اثر متقابل رقم و روش کاشت تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که از نظر ارتفاع بوته هر کدام از ارقام چمپا، عنبوری و هوازی در گروه آماری متفاوتی قرار دارند و رقم محلی چمپا دارای بیش‌ترین ارتفاع بوته به میزان ۱۲۸ سانتی‌متر و رقم هوازی دارای کم‌ترین ارتفاع بوته به میزان ۷۱ سانتی‌متر بود (جدول ۴). شکل ۲ نیز تفاوت مشاهده‌ای بین بوته‌های کف‌بر شده ارقام مورد بررسی در این پژوهش را نشان می‌دهد.

نتایج این بررسی نشان داد که در استان خوزستان با وجود این که روش‌های کاشت مورد بررسی، از نظر برخی شرایط، مانند شکل بستر، روش آبیاری و تراکم بذر کاشته شده، متفاوت بودند، تغییرات ارتفاع بوته در آنها بسیار اندک بود و روش کاشت-آبیاری به طور مستقل اثری بر ارتفاع بوته ندارد. مناطق معتدل مرکزی و مرطوب شمال کشور با افزایش تراکم بذر، به دلیل تراکم بوته‌ها ورود نور به داخل کانوپی محدود شده و رقابت بیش‌تر بوته‌ها برای جذب نور مورد نیاز، باعث افزایش در ارتفاع آنها می‌گردد. اما به نظر می‌رسد در شرایط استان

محصول در سطح کنونی و کاهش مصرف آب و یا افزایش عملکرد به ازای واحد آب مصرفی است. به این معنی که با حفظ منابع آبی موجود میزان محصول تولیدی را افزایش دهیم. اما تحقق این مهم کاملاً متأثر از شرایط آب و هوایی، نوع گیاه زراعی و مدیریت مزرعه‌ای است (Unger & Howell, 1999; Bouaziz & Chekli, 1999; Norwood & Dumler, 2002). در این میان، نقش شیوه‌های کاشت و خصوصیات ارقام برنج، صرف‌نظر از ویژگی‌های اقلیمی بسیار حائز اهمیت است و می‌تواند به عنوان یکی از راهبردهای تولید برنج در محیط‌های کم آب مورد استفاده قرار گیرد. در پژوهش حاضر، همان‌گونه که در نتایج ارائه گردید، عملکرد دانه در روش‌ها و ارقام مختلف برنج اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نداشتند، لذا اختلاف بهره‌وری مصرف آب ناشی از میزان مصرف آب متفاوت در تیمارهای مختلف است، به طوری که کم‌ترین بهره‌وری مصرف آب به روش نشاکاری تعلق داشت. درحالی‌که روش‌های خشکه‌کاری جوی و پشته‌ای و کپه‌کاری کم‌ترین میزان مصرف آب و در نتیجه بیش‌ترین بهره‌وری را داشتند. این کاهش مصرف آب ناشی از الگوی کاشت و آبیاری، بدون تغییر در مقدار عملکرد دانه، باعث گردید که بهره‌وری مصرف آب در روش‌های جوی و پشته‌ای نسبت به روش کرتی ۳۳/۵ درصد افزایش یابد. این نتیجه ارزنده، می‌تواند تحول بزرگی در الگوی کاشت و میزان مصرف آب در خشکه‌کاری برنج در مناطق جنوب کشور ایجاد نماید. در تحقیقات روی الگوهای کاشت و آبیاری گندم زمستانه در چین، مزایای کاشت روی پشته و آبیاری جویچه‌ای نسبت به کاشت کرتی و آبیاری غرقابی را به ترتیب اهمیت چنین بیان شده است: ۱- کاهش مصرف آب تا ۳۰ درصد در برخی سال‌ها و افزایش چشم‌گیر در بهره‌وری مصرف آب، ۲- برطرف شدن مشکل سله بستن سطح خاک و بهبود ساختمان خاک، ۳- افزایش کارایی مصرف کود سرک ازت تا ۱۰ درصد به دلیل امکان قرارگیری مناسب کود در کنار ردیف کاشت، ۴- کاهش ورس و بیماری‌ها و افزایش یکنواختی سطح مزرعه. کلیه این مزایا با هم‌افزایی خود باعث بهبود عملکرد دانه تا بیش از ۱۰ درصد گردید (Fahong *et al.*, 2004). بیش از بیست سال است که ۹۵ درصد کشاورزان در منطقه سونورا در شمال مکزیک، گندم و دیگر محصولات زراعی خود را روی پشته کاشت کرده و به روش جویچه‌ای آبیاری

موارد بالا عملاً وجود نخواهند داشت بلکه به دلیل فصل رشد کوتاه‌تر و تفاوت آبیاری سه و دو روز درمیان در طی دوره رشد، مقدار کل آب مصرفی نیز کاهش می‌یابد. لذا در حال حاضر، یکی از روش‌های کاهش مصرف آب در تولید برنج در بسیاری مناطق دنیا، استفاده از روش‌های خشکه‌کاری و معرفی ارقام مناسب برای آن است (Thakur *et al.*, 2004; Yan Ru *et al.*, 2015).

در مقایسه روش‌های خشکه‌کاری با یکدیگر، نتایج حاکی از آن بود که میزان مصرف آب در روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای خطی و کپه‌ای نسبت به روش کرتی به طور متوسط ۲۳ درصد کاهش داشته است.

نتایج نشان داد که بهره‌وری مصرف آب روش‌های کاشت متفاوت است. بیش‌ترین میانگین بهره‌وری مصرف آب به مقدار ۰/۲۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به روش خطی‌کاری جوی پشته‌ای بود و بعد از آن روش کپه‌کاری جوی پشته‌ای با ۰/۲۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب، در ردیف دوم قرار داشت. بهره‌وری مصرف آب در روش خشکه‌کاری کرتی با ۰/۱۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب، به طور متوسط ۲۵/۱ درصد از روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای خطی و کپه‌ای کمتر بود (شکل ۴).

کم‌ترین مقدار بهره‌وری مصرف آب در مطالعه حاضر، با ۰/۰۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب، به روش نشاکاری تعلق داشت. میزان دانه تولیدی به ازای هر واحد آب مصرفی نیز بسته به نوع واکنش ارقام به شیوه کاشت متفاوت بود. به طوری که هر سه رقم بیش‌ترین بازدهی و بهره‌وری آب را در روش‌های خشکه‌کاری جوی و پشته‌ای و کپه‌کاری جوی و پشته‌ای داشتند.

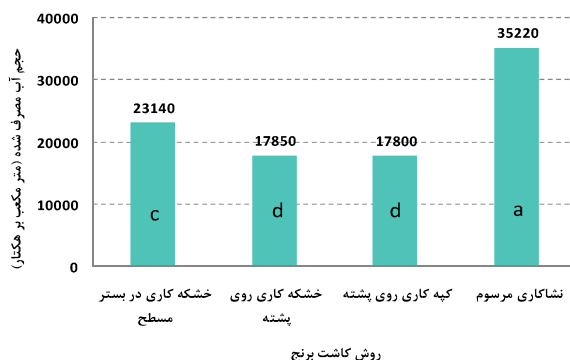
در روش‌های خشکه‌کاری، به دلیل امکان استفاده از دوره‌های تناوبی ۲-۳ روز در میان آبیاری در طی دوره رشد، علاوه بر کاهش میزان کل آب مصرفی، میزان بهره‌گیری از آب و سایر عوامل تولید نیز افزایش خواهد یافت (Gilani & Absalan, 2015).

در پژوهشی چنین گزارش شده است که بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی برنج در روش خشکه‌کاری نسبت به روش‌های نشاکاری مرسوم و نشاکاری با آبیاری تلفیقی به ترتیب ۲۹ و ۱۱ درصد افزایش داشته است (Ramazani & Mahloji, 2023).

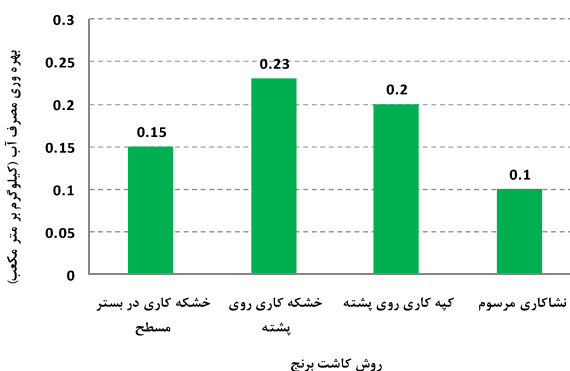
افزایش بهره‌وری و یا کارایی مصرف آب، اصولاً از دو طریق امکان‌پذیر است، ثابت نگاه داشتن میزان تولید

شکل ۴ بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد.

می‌کنند، به طوری که از مزایای این روش در افزایش بازدهی آبیاری و کاهش نهاده‌های کود و سم بهره‌مند شده‌اند (Sayre & Moreno Ramos, 1997; Limon-Ortega *et al.*, 2000).



شکل ۳- مقایسه حجم آب آبیاری در روش‌های مختلف کاشت برنج



شکل ۴- مقایسه بهره‌وری آب در روش‌های مختلف کاشت برنج

به روش‌های کاشت خشکه‌کاری در بستر مسطح و نشاکاری مرسوم به ترتیب ۲۳ و ۴۹ درصد کم‌تر شده است. لذا برای کاشت رقم چمپا در خوزستان، استفاده از روش‌های خشکه‌کاری روی پشته و کپه‌کاری روی پشته همراه با آبیاری متناوب، به دلیل بالاتر بودن درآمد خالص و کم‌تر بودن حجم آب آبیاری، می‌تواند پیشنهاد شود.

برای تولید رقم عنبروری، روش کاشت خشکه‌کاری در بستر مسطح و آبیاری متناوب دارای بیش‌ترین درآمد خالص به میزان ۱۸۷۶۹۹۳۳ تومان بر هکتار و نسبت درآمد به هزینه ۲/۳۶ بود (جدول ۶)، ولی حجم آب مصرفی در این روش از دیگر روش‌ها بیش‌تر است. اگر نهاده آب به عنوان یکی از منابع محدود در تولید نظر گرفته شود و قیمت واقعی آن لحاظ گردد، برای تولید رقم

ارزیابی اقتصادی روش‌های خشکه‌کاری برنج

در ارزیابی اقتصادی، ارقام مورد بررسی به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. جداول ۵، ۶ و ۷ به ترتیب شاخص‌های اقتصادی ارقام چمپا، عنبروری و هوازی در روش‌های مختلف کاشت را نشان می‌دهد.

نتایج نشان داد که در استان خوزستان، برای تولید برنج رقم چمپا، روش کاشت خشکه‌کاری روی پشته و آبیاری متناوب نسبت به شاهد بیش‌ترین نسبت درآمد به هزینه به میزان ۲/۴۷، بهره‌وری اقتصادی آب به میزان ۱۰۹۲ تومان بر مترمکعب و بیش‌ترین درآمد خالص به مبلغ ۱۹۴۸۹۷۵۰ تومان بر هکتار بر پایه سال مالی ۱۴۰۲ را ایجاد نمود (جدول ۵). هرچند مقدار مصرف آب در این روش با کپه‌کاری روی پشته تقریباً برابر است، اما نسبت

عنبروری پیشنهاد می‌شود به جای استفاده از روش کاشت خشکه‌کاری در بستر مسطح، از روش کاشت خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری متناوب که افزون بر ۲۳ درصد کاهش در مصرف آب نسبت به روش مرسوم، دارای بالاترین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب است، استفاده شود.

جدول ۵- شاخص‌های اقتصادی رقم چمپا با روش‌های مختلف کاشت در استان خوزستان بر پایه سال مالی ۱۴۰۲

روش کاشت				گزینه‌ها
خشکه‌کاری در بستر مسطح و آبیاری	خشکه‌کاری روی پشته و آبیاری	خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری	نشاکاری مرسوم با آبیاری غرقابی	
متناوب	متناوب	متناوب	دائم	
۱۳۷۲۴۷۵۰	۱۳۲۷۰۲۵۰	۱۲۰۹۸۵۵۰	۲۵۵۷۷۴۵۰	هزینه تولید (تومان بر هکتار)
۲۷۵۲۰۰۰۰	۳۲۷۶۰۰۰۰	۲۷۸۲۴۰۰۰	۲۹۳۳۶۰۰۰	درآمد ناخالص (تومان بر هکتار)
۱۳۷۹۵۲۵۰	۱۹۴۸۷۵۰	۱۵۷۲۵۴۵۰	۳۷۵۸۵۵۰	درآمد خالص (تومان بر هکتار)
۲۳۱۴۲	۱۷۸۴۹	۱۷۷۹۹	۳۵۲۲۱	حجم آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)
۳۴۴۰	۴۰۹۵	۳۴۷۸	۳۶۶۷	عملکرد تولید شلتوک (کیلوگرم بر هکتار)
۰/۱۴۹	۰/۲۲۹	۰/۱۹۵	۰/۱۰۴	بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۵۹۶	۱۰۹۲	۸۸۴	۱۰۷	بهره‌وری اقتصادی آب (تومان بر مترمکعب)
۲/۰۱	۲/۴۷	۲/۳۰	۱/۱۵	نسبت درآمد به هزینه
۳/۷	۵/۲	۴/۲	شاهد	نسبت درآمد خالص به روش کاشت شاهد

جدول ۶- شاخص‌های اقتصادی رقم عنبروری با روش‌های مختلف کاشت در استان خوزستان بر پایه سال مالی ۱۴۰۲

روش کاشت				گزینه‌ها
خشکه‌کاری در بستر مسطح و آبیاری متناوب	خشکه‌کاری روی پشته و آبیاری	خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری متناوب	نشاکاری مرسوم با آبیاری غرقابی	
آبیاری متناوب	متناوب	متناوب	دائم	
۱۳۷۸۷۷۲۱	۱۳۲۲۴۲۹۳	۱۲۰۹۵۴۴۸	۲۵۵۹۱۵۶۶	هزینه تولید (تومان بر هکتار)
۳۲۵۵۷۶۵۳	۲۹۰۸۳۴۶۷	۲۷۵۷۵۸۱۳	۳۰۴۶۵۳۰۷	درآمد ناخالص (تومان بر هکتار)
۱۸۷۶۹۹۳۳	۱۵۸۵۹۱۷۳	۱۵۴۸۰۳۶۶	۴۸۷۳۷۴۰	درآمد خالص (تومان بر هکتار)
۲۳۱۴۲	۱۷۸۴۹	۱۷۷۹۹	۳۵۲۲۱	حجم آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)
۴۰۷۰	۳۶۳۵	۳۴۴۷	۳۸۰۸	تولید شلتوک (کیلوگرم بر هکتار)
۰/۱۷۶	۰/۲۰۴	۰/۱۹۴	۰/۱۰۸	بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۸۱۱	۸۸۹	۸۷۰	۱۳۸	بهره‌وری اقتصادی آب (تومان بر مترمکعب)
۲/۳۶	۲/۲۰	۲/۲۸	۱/۱۹	نسبت درآمد به هزینه
۳/۹	۳/۳	۳/۲	شاهد	نسبت درآمد خالص به روش کاشت شاهد

هکتار (۵۰ درصد کم‌تر از شاهد) بهترین گزینه است. همچنین، پس از روش خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته، روش خشکه‌کاری روی پشته با خطی‌کار نیز با حجم آب آبیاری ۱۷۸۴۹ مترمکعب بر هکتار و درآمد خالص ۱۴۷۵۰۸۰۳ تومان بر هکتار، از نظر اقتصادی درآمد قابل قبولی دارد.

به طور کلی، مقایسه روش کاشت اقتصادی سه رقم برنج چمپا، عنبروری و هوازی (جدول ۸) نشان داد که برای تولید برنج در استان خوزستان، از بین ترکیب‌های تیماری

در خصوص رقم هوازی، نتایج نشان داد که کاشت این رقم به صورت نشاکاری، علاوه بر ۸ درصد زیان اقتصادی، بیش‌ترین مقدار آب آبیاری را نیز به میزان ۳۵۲۲۱ مترمکعب بر هکتار، مصرف نمود (جدول ۶). به این دلیل، برای کاشت رقم هوازی در خوزستان، استفاده از روش خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته با آبیاری متناوب، به دلیل ایجاد بیش‌ترین درآمد خالص به مبلغ ۱۹۶۴۲۹۸۱ تومان بر هکتار، بیش‌ترین نسبت درآمد به هزینه به میزان ۲/۶۲ و کم‌ترین حجم آب آبیاری به میزان ۱۷۷۹۹ مترمکعب بر

رقم در روش کاشت، استفاده از رقم هوازی با روش تولید خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری متناوب، به دلیل کسب درآمد خالص ۱۹۶۴۲۹۸۱ تومان بر هکتار (۹/۴) برابر روش نشاکاری مرسوم، کم‌ترین مصرف آب آبیاری، بالاترین مقدار بهره‌وری اقتصادی آب و بالاترین نسبت

درآمد به هزینه، بهترین گزینه است. پس از آن کاشت رقم چمپا به روش خشکه‌کاری روی پشته همراه با آبیاری متناوب، به دلیل کسب درآمد خالص ۵/۲ برابر روش نشاکاری مرسوم، مصرف آب آبیاری ۱۷۸۴۹ متر معکب بر هکتار، پیشنهاد می‌شود.

جدول ۷- شاخص‌های اقتصادی رقم هوازی با روش‌های مختلف کاشت در استان خوزستان

گزینه‌ها	روش کاشت		
	خشکه‌کاری در بستر مسطح و آبیاری متناوب	خشکه‌کاری روی پشته و آبیاری متناوب	خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری متناوب
هزینه تولید (تومان بر هکتار)	۱۳۷۰۶۴۹۰	۱۳۲۱۰۲۶۳	۱۲۱۴۸۱۳۹
درآمد ناخالص (تومان بر هکتار)	۲۶۰۵۹۲۲۷	۲۷۹۶۱۰۶۷	۳۱۷۹۱۱۲۰
درآمد خالص (تومان بر هکتار)	۱۲۳۵۲۷۳۶	۱۴۷۵۰۸۰۳	۱۹۶۴۲۹۸۱
حجم آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)	۲۳۱۴۲	۱۷۸۴۹	۱۷۷۹۹
تولید شلتوک (کیلوگرم بر هکتار)	۳۲۵۷	۳۴۹۵	۳۹۷۴
بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۱۴۱	۰/۱۹۶	۰/۲۲۳
بهره‌وری اقتصادی آب (تومان بر مترمکعب)	۵۳۴	۸۲۶	۱۱۰۴
نسبت درآمد به هزینه	۱/۹۰	۲/۱۲	۲/۶۲
نسبت درآمد خالص به روش کاشت شاهد	۵/۹	۷/۱	۹/۴
	شاهد		

جدول ۸- مقایسه روش‌های کاشت اقتصادی به تفکیک رقم در استان خوزستان

گزینه‌ها	رقم چمپا		رقم عنبوری		رقم هوازی	
	با خشکه‌کاری روی پشته و آبیاری متناوب	با خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری متناوب	با خشکه‌کاری روی پشته و آبیاری متناوب	با خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری متناوب	با خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری متناوب	با خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری متناوب
هزینه تولید (تومان بر هکتار)	۱۳۲۷۰۲۵۰	۱۲۰۹۵۴۴۸	۱۲۰۹۵۴۴۸	۱۲۰۹۵۴۴۸	۱۲۱۴۸۱۳۹	۱۲۱۴۸۱۳۹
درآمد ناخالص (تومان بر هکتار)	۳۲۷۶۰۰۰۰	۲۷۵۷۵۸۱۳	۲۷۵۷۵۸۱۳	۲۷۵۷۵۸۱۳	۳۱۷۹۱۱۲۰	۳۱۷۹۱۱۲۰
درآمد خالص (تومان بر هکتار)	۱۹۴۸۷۵۰	۱۵۴۸۰۳۶۶	۱۵۴۸۰۳۶۶	۱۵۴۸۰۳۶۶	۱۹۶۴۲۹۸۱	۱۹۶۴۲۹۸۱
حجم آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)	۱۷۸۴۹	۱۷۷۹۹	۱۷۷۹۹	۱۷۷۹۹	۱۷۷۹۹	۱۷۷۹۹
تولید شلتوک (کیلوگرم بر هکتار)	۴۰۹۵	۳۴۴۷	۳۴۴۷	۳۴۴۷	۳۹۷۴	۳۹۷۴
بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۲۲۹	۰/۱۹۴	۰/۱۹۴	۰/۱۹۴	۰/۲۲۳	۰/۲۲۳
بهره‌وری اقتصادی آب (تومان بر مترمکعب)	۱۰۹۲	۸۷۰	۸۷۰	۸۷۰	۱۱۰۴	۱۱۰۴
نسبت درآمد به هزینه	۲/۴۷	۲/۲۸	۲/۲۸	۲/۲۸	۲/۶۲	۲/۶۲
نسبت درآمد خالص به روش کاشت شاهد	۵/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۹/۴	۹/۴

نتیجه‌گیری

نسبت درآمد به هزینه و کم‌ترین حجم آب آبیاری، بهترین گزینه تشخیص داده شد. پس از آن کاشت رقم چمپا به صورت خشکه‌کاری روی پشته با خطی‌کار همراه با آبیاری متناوب، پیشنهاد می‌شود. در صورت تمایل به کاشت رقم عنبوری، به ترتیب استفاده از روش خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته و آبیاری متناوب و پس از آن استفاده روش خشکه‌کاری روی پشته با خطی‌کار و آبیاری متناوب پیشنهاد می‌شود.

خشکه‌کاری مستقیم بذر برنج در زمین اصلی به جای روش نشاکاری مرسوم باعث کاهش آب مصرفی و حفظ یا افزایش شاخص‌های اقتصادی تولید، کاهش زمان مورد نیاز برای کاشت و و سهولت تولید این محصول مهم و راهبردی می‌شود. برای تولید برنج در خوزستان، استفاده از رقم هوازی با روش کاشت خشکه‌کاری کپه‌ای روی پشته، با بیش‌ترین درآمد خالص اقتصادی، بیش‌ترین

- Bhushan, L., Ladha, J. K., Gupta, R. K., Singh, S., Tirol-Padre, A., Saharawat, Y. S., Gathala, M. & Pathak, H. (2007). Saving of water and labor in a rice-wheat system with no-tillage and direct seeding technologies. *Agronomy Journal*, 99, 1288–1296.
- Bouaziz, A. & H. Chekli. (1999). Wheat yield and water use as affected by micro-basins and weed control on the sloping lands of Morocco. *J. Crop Prod.*, 2, 335–351.
- Chauhan, B. S. (2012). Weed ecology and weed management strategies for dry-seeded rice in Asia. *Weed Technology*, 26, 1–13.
- Chidzi, A. (2000). Research in farm management for developing of small farmers. *First edition. Azad Islamic University publications. Garmsar unit.* (in Persian).
- Dehghan, E. & Almasi, M. (2004). Evaluation of effect of different tillage methods on energy consumption, yield and yield component in direct seeding rice varieties in Khuzestan. *Master of Agriculture Masters Thesis. Mechanization. Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.* 132 p. (in Persian).
- Dehghan, E. Sheikh Davudi, M. J., Zaki Dizaji, H. & Gilani, A. A. (2016). Manufacturing and evaluating of rice seed-meter mechanism for direct hill planting. *PhD thesis of Agriculture Mechanization. Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.* 146 p. (in Persian).
- Ehsanullah, A. N., Jabran, K. & Habib, T. (2007). Comparison of different planting methods for optimization of plant population of rice in Punjab. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 44, pp. 597-99.
- Fahong, W., Xuqing, W. & Sayre, K. D. (2004). Comparison of conventional, flood irrigated, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. *Field Crops Research*, 87, 35–42.
- FAO. (2010). AQUASTAT – FAO's global information system on water and agriculture, FAO, <http://www.fao.org/nr/aquastat>, Rome, Italy.
- Farooq M., Kadambot H. Siddique, M., Rehman, H., Aziz, T., Lee, D. J. & Wahid, A. (2011). Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. *Soil & Tillage Research*, 111, 87-98.
- Farooq, M., Basra, S. M. A. & Wahid, A. (2006). Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. *Plant Growth Regulation*, 49, 285–294.
- Feiz Bakhsh, M. T. & Pahlevan Rad, M. R. (2020). Evaluation of planting date and humic acid effects on yield and yield components of direct seeded rice. *Final*

تضاد منافع نویسندگان

در این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافع وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید همه نویسندگان است.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

مشارکت نویسندگان

نحوه و میزان مشارکت نویسندگان در انجام این پژوهش به صورت زیر است:
جعفر حبیبی اصل که اجرای تیمارها و داده برداری، تجزیه و تحلیل و نگارش بخشی از مقاله با وی بود.
الیاس دهقان که بخشی از تجزیه و تحلیل و نگارش مقاله با وی بود.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنها است.

منابع

- Abbasi, F., Naseri, A., Sohrab, F. Baghani, J. Abbasi, N. & Akbari, M. (2015). Water productivity improvement. Final Research Report. *Agricultural engineering Research institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization.* 68 p. (In Persian).
- Ali, R. I., Awan, T. H., Manzoor, Z., Ashraf, M. M., Safdar, M. E. & Ahmad, M. (2007). Screening of rice varieties suitable for direct seeding in Punjab. *J. Anim. Pl. Sci.* 17(1-2), 24-26.
- Asadi, H. & Zamanian, M. (2007). Economic evaluation of date and rate of seeding of Iranian clover in mechanized and traditional planting methods. *Journal of Research and Construction in Agriculture and Horticulture*, 74, 47-55. (in Persian).
- Balasubramanian, V. & Hill, J. E., (2002). Direct seeding of rice in Asia: emerging issues and strategic research needs for the 21st century. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T.P., Lopez, K., Hardy, B. (Eds.), *Direct Seeding: Research Strategies and Opportunities. International Rice Research Institute. Los Banos. Philippines.* pp.15–42.

- direct seeding methods for crop establishment in rice. *Journal of tropical agriculture*. 40, 65-66.
- Karayel, D. & Ozmerzi, A. (2004). Effect of Forward Speed on Hill Dropping Uniformity of a Precision Vacuum Seeder. *HartTechnology*, 14(3), 364-367.
- Karbalayi, M.T., Aghebat, S., Rahim Pur, A. & Hoseinian, S. (2006). Evaluation of direct seeding (in both dry and wet bed) of rice varieties and compared with transplanting method in Mazandaran province. *The 9th Congress of Agriculture and Plant breeding, Karaj, Institute of Research for Seed and plant breeding*. (In Persian).
- Khan, A. U. & El-Sahrigi, A. F. (1990). Selective mechanization of rice farming system in tropical Asia. *Agricultural Engineering*, 14(3,4), 40-52.
- Kiani, A. & Razaghi, M. H. (2019). The effectiveness of direct rice cultivation on water yield and efficiency in Golestan province paddy fields. *Technical Report, Agricultural Information and Notices Technology Center*. (in Persian).
- Kiani, A. & Yazdani, M. R. (2021). Investigating of rice direct seeding and transplanting methods on water consumption in different irrigation methods in Golestan province. Final Research Project Report. *Agricultural Research, Education and Extension Organization. Agricultural Engineering Research Institute*. No. 60275, 47 p. (in Persian).
- Kirk, G.J.D. & Bajita, J.B. (1995). Root induced iron oxidation, pH changes and zinc solubilization in the rhizosphere of lowland rice. *New Phytol*, 131, 129-137.
- Lak, SH., Gohari, M., Khayat, M. V. & Soltanzadeh, M. (2009). Effect of number of seeds per hill in direct seeding of rice on reservoir restraint and rice varieties yield in Khuzestan province. *National Conference on Water, Soil, Plants and Agricultural Mechanization*. March 2009, Islamic Azad University, Dezful, Iran. (In Persian).
- Limon-Ortega, A., Sayre, K. D. & Francis, C. A. (2000). Wheat nitrogen use efficiency in a bed-planting system in northwest Mexico. *Agron. J.*, 92, 303-308.
- Mahajan, G., Chauhan, B. S. & Gill, M. S. (2013). Dry-seeded rice culture in Punjab State of India: Lessons learned from farmers. *Field Crops Research*, 144, 89-99.
- Management and planning organization of Khuzestan province (MPO-Kh). (2019). Khuzestan province land survey document. *Khuzestan Governorate, Ahwaz, Iran*. (In Persian).
- report of the Research Project. *Rice Research Institute of Iran*. 21 p. (in Persian).
- Gao, X. P., Zou, C. Q., Fan, X. Y., Zhang, F. S. & Hoffland, E. (2006). From flooded to aerobic conditions in rice cultivation: consequences for zinc uptake. *Plant Soil*, 280, 41-47.
- Gilani, A. A. & Absalan, S. (2015). Comparison of direct seeding with common methods of rice cultivation in terms of water consumption. *Agricultural Research, Education and Extension Organization. Khuzestan Agriculture and Natural Resource Research and Education Center*. 22 p. (in Persian).
- Gilani, A. A. & Kariminejhad, J. (2008). Rice direct seeding. Extension Report, *Khuzestan Agricultural Jihad Extension Management*. No. 198, 29 p. (in Persian).
- Gilani, A. A. (2006) (1). Comparison of two seed drills with different seeding rate in rice direct seedind. *National Research Program, National Research Council*. No. 841411, 25 p. (in Persian).
- Gilani, A. A. (2006). Investigating new rice varieties in the testing of advanced preliminary performance in Khuzestan province. *Final Project report, National Research Program, National Research Council*. No. 841414, 19 p. (in Persian).
- Habib Asl, J. & Dehghan, E. (2012). Evaluation of technical and yield parameters of wheat seeding methods with different seeding rates in south Khuzestan. *Journal of Aricultural Machinery Engineering*. 1(2), 46-57. (In Persian).
- Habibi Asl, J., Loveimi, N. & Gilani, A. A. (2009). Investigating and comparing three mechanized direct seeding methods of different rice varieties in Khuzestan. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 10(1), 81-96. (in Persian).
- Hoseini Monfared, R., Safarpur Shurbakhanlu, M., Moradi, M. & Negahdari, M. 2012. Comparing of rice transplanting with different direct seeding methods. *First National Conference on Sustainable Agriculture and Healthy Environment. Azad Islamic university of Hamadan*. March 2012. Hamadan, Iran. (in Persian).
- Jehangir, W. A., Masih, I., Ahmed, S., Gill, M. A., Ahmad, M., Mann, R. A., Chaudhary, M. R. & Turrall, H. (2005). Sustaining crop water productivity in rice-wheat systems of South Asia: a case study from Punjab Pakistan. In: Draft Working Paper, International. *Water Managment Institute. Lahore. Pakistan*.
- John, I., Mathew, G. & Mathew, J. (2002). Comparison between transplanting and

- Machine. *Agricultural Sciences in China*, 9(2), 275-279.
- Xuemei S., Shiyao, X., Yan, H. & Yuanyuan, S. (2020). Comparative Study on Different Planting Patterns in Coldterra Japonica Rice Irrigated Areas. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 615 (2020) 012005.
- Yan, R., Jia, C. & Zhang, Z. (2015). Experiment Study of Water Consumption Regularity and Water Use Efficiency of Rice in Black Soil and Chernozem. *Water Saving Irrigation*, 11, 37-43.
- McDonald, M. B. (1998). Seed quality assessment. *Seed Science Research*, 8, 265–275.
- Nasseri, A., Abbasi, F. & Akbari, M. (2017). Estimating Agricultural Water Consumption by Analyzing Water Balance. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 18(68), 17-32. (In Persian).
- Norwood, C.A. & T.J. Dumler. (2002). Transition to dryland agriculture: limited irrigation vs. dryland corn. *Agron. J.*, 94, 310–320.
- Pandey, S. & Velasco, L. (2005). Trends in crop establishment methods in Asia and research issues. In: *Rice is Life: Scientific Perspectives for the 21st Century, Proceedings of the World Rice Research Conference*. 4–7 November 2004, Tsukuba, Japan. pp. 178–181.
- Ramazani, A. & Mahloji, M. (2023). Effects of irrigation management on yield and water productivity of rice in different planting methods. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 5(1), 241-251. (In Persian).
- Sayre, K.D. & Moreno Ramos, O.H. (1997). Applications of raised bed-planting system to wheat. *Wheat Program Special Report*, CIMMYT, Mexico.
- Singh, Y., Singh, G., Johnson, D. & Mortimer, M. (2005). Changing from transplanted rice to direct seeding in the rice–wheat cropping system in India. In: *Rice is Life: Scientific Perspectives for the 21st Century*. Tsukuba. Japan: Proceedings of the World Rice Research Conference. 4–7 November 2004. pp. 198–201.
- Tavakoli, A. (2011). Evaluation of one pass irrigation management economic productivity index for two varieties of dry wheat (case study: Maragheh). *Journal of Water and Irrigation Management*, 1(2), 17-29. (In Persian).
- Thakur, A. K., Roychowdury, S., Kudnu, D.K. & Singh, R. (2004). Evaluation of planting methods in irrigated rice. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 50, 631–640.
- Unger, P. W. & Howell, T. A. (1999). Agricultural water conservation—a global perspective. *J. Crop Prod.*, 2, 1–36.
- Wu, Y., He, P. X., Shui, G. C., Xun, S. J., Liang, S. & Gen, K.W. (2008). A study on suitable sowing date and sowing rate of a new late japonica hybrid rice combination Bayou 52 in no-tillage and direct seeding cultivation. *Hybrid Rice*, 23, 48–50.
- Xiao-rong, L.U., Xiao-lian, L.U. & Wen-tao, R. (2010). Experimental Study on Working Performance of Rice Rope Direct Seeding