Plant Prod., 2024, 47(3), 425-440
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.46453.2153
Received: 22 March 2024
Accepted: 28 September 2024

Plant Productions

Research Article

Yield gap analysis of rice in Shoaybiyeh, Khuzestan: yield-reducing factors have the greatest contribution to grain yield reduction

Ghazban Anafjeh[1], Elham Elahifard[2*], Abolfazl Derakhshan[3], Ahmad Zare[4]

1. M.Sc. Graduated in Weed Science, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Bavi, Mollasani, Iran.
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Bavi, Mollasani, Iran.
3. Researcher, Sugarcane and By Products Development Company, Ahvaz, Iran.
4. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Bavi, Mollasani, Iran.

Citation: Anafjeh, G., Elahifard, E., Derakhshan, A., Zare, A. (2024) Yield gap analysis of rice in Shoaybiyeh, Khuzestan: yield-reducing factors have the greatest contribution to grain yield reduction. *Plant Productions,* 47(3), 425-440.

Abstract

Introduction

One of the main issues of crop production in Iran and many countries of the world is the difference between the farmers' yields (actual yield) and the achievable yields (potential yield). This distance and yield difference is named the yield gap. Therefore, research was conducted with the aim of determining the rice yield gap in Shoaybiyeh region of Khuzestan province.

Materials and Methods

This research was conducted in 2020 growing season as a survey in 100 rice fields in Shoaybiyeh region of Shushtar county. Comparative performance analysis method was used to determine rice grain yield gap. The modeling of grain production in rice fields was done by examining the relationship between all the investigated variables with the grain yield observed in the fields using progressive stepwise regression method. The production model obtained with this method was able to justify 89% of the grain yield changes of the studied rice fields with the studied variables.

Results and Discussion

The results showed that there was a gap of about 1495 kg ha^{-1} between the average yield of farmers (5044.47 kg ha^{-1}) and the achievable yields in the region (6902.61 kg ha^{-1}). From this value of the expected yield gap in the region, the contribution of factors such as the age of the farmer, the intensity of the weed infestation in the fields, the presence of weed in the fields, the use of adjuvants during the spraying operation, the intensity of the infestation of the field with the striped rice stemborer, and the intensity of the infestation of the fields with the blast disease were equivalent to 3.29, 62.29, 2.53, 6.99, 20.22 and 4.68%, respectively. The analysis of rice yield

* **Corresponding Author:** Elham Elahifard
E-mail: e.elahifard@asnrukh.ac.ir

© 2024 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

gap showed that the weed infestation of the fields alone accounted for about 62.3% of the yield reduction compared to the achievable yields. In all the studied fields, the weeds of purple nutsedge, junglerice, broadleaf cattail, and johnsongrass were observed and recorded. Due to the lack of diversity in the fields, the model was not able to distinguish the amount of yield loss caused by these weeds. Intensity of weed contamination of rice fields was also observed in only 6% of the fields, and in the remaining 94%, moderate to very high contamination was observed. Some used herbicides such as bensulfuron-methyl and tribenuron-methyl showed a significant negative relationship with grain yields observed in rice fields. Therefore, it seems that farmers should reconsider the use of these herbicides in rice fields. Also, the delay in sowing and laxuary consumption of nitrogenous fertilizers was closely related to the severity of weed infestation and yield reduction. Investigating the relationship between the yields obtained in rice fields and the date of herbicide spraying (31 to 77 days after planting), a significant negative relationship was clearly observed; That is, with the delay in the spraying time and the consequent increase in the competitive ability of weeds, which may be associated with the decrease in the effectiveness of herbicides, yield have decreased linearly.

Conclusion

In general, among the variables that had a significant impact on the observed yields in the region, except for the age variable of the farmer, all of them were related to yield-reducing factors, including pests, diseases, and weeds. Based on the results, the yield reducing factors, explained about 90% of the yield gap observed in the region.

Keywords: Achievable yield, Actual yield, Comparative performance analysis, Weed management, Yield model.

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۳، ۴۷(۳)،۴۲۵-۴۴۰
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.46453.2153
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

آنالیز خلا عملکرد برنج در شعیبیه خوزستان: عوامل کاهنده عملکرد، بیشترین سهم را در کاهش عملکرد دانه دارند

غضبان عنافجه[۱]، الهام الهی فرد[۲*]، ابوالفضل درخشان[۳]، احمد زارع[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گرایش علوم علف‌های هرز، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، ایران.
۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، ایران.
۳- محقق، موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، اهواز، ایران.
۴- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، ایران.

چکیده

یکی از مشکلات اساسی تولید محصولات زراعی در کشور ایران و بسیاری از کشورهای جهان، اختلاف بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل حصول (عملکرد پتانسیل) است. به این فاصله و اختلاف عملکرد، خلأ عملکرد گفته می‌شود. از این‌رو، پژوهشی با هدف تعیین خلا عملکرد برنج در منطقه شعیبیه استان خوزستان انجام شد. این پژوهش در سال ۱۴۰۰ به صورت پیمایشی در ۱۰۰ مزرعه از اراضی تحت کشت برنج منطقه شعیبیه شهرستان شوشتر انجام شد. برای تعیین خلا عملکرد دانه برنج از روش تحلیل مقایسه کارکرد استفاده شد. مدل‌سازی تولید دانه در مزارع برنج با بررسی رابطه بین تمامی متغیرهای مورد بررسی با عملکردهای دانه مشاهده‌شده در مزارع به روش رگرسیون گام به گام پیش‌رونده انجام شد. مدل تولید بدست‌آمده با این روش توانست ۸۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه مزارع برنج مطالعه‌شده را با متغیرهای مورد بررسی توجیه کند. نتایج نشان داد که بین میانگین عملکرد کشاورزان (۵۰۴۴/۴۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکردهای قابل‌دستیابی در منطقه (۶۹۰۲/۶۱ کیلوگرم در هکتار) در حدود ۱۴۹۵ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود داشت. از این مقدار خلاء عملکرد پیش‌بینی‌شده در منطقه، سهم عوامل سن کشاورز، شدت آلودگی مزارع به علف‌های هرز، حضور علف‌هرز بندواش در مزارع، استفاده از اصلاح‌کننده آب طی عملیات سم‌پاشی، شدت آلودگی مزرعه به آفت کرم ساقه‌خوار و شدت آلودگی مزارع به بیماری بلاست به ترتیب معادل ۳/۲۹، ۶۲/۲۹، ۲/۵۳، ۶/۹۹، ۲۰/۲۲ و ۴/۶۸ درصد بود. آنالیز خلا عملکرد برنج نشان داد که آلودگی مزارع به علف‌های هرز به‌تنهایی عامل حدود ۶۲/۳ درصد کاهش عملکردها نسبت به عملکردهای قابل‌دستیابی بود. در تمامی مزارع مورد مطالعه علف‌های هرز اویارسلام ارغوانی، درنه سرخه، لویی و قیاق مشاهده و ثبت شدند. با توجه به عدم وجود تنوع در مزارع، مدل

* **نویسنده مسئول:** الهام الهی فرد
رایانامه: e.elahifard@asnrukh.ac.ir

قادر به تفکیک میزان افت عملکرد ایجاد شده توسط هر کدام از این علف‌های هرز نبود. شدت آلودگی مزارع برنج به علف‌های هرز نیز تنها در ٦ درصد مزارع کم و در ٩٤ درصد باقی‌مانده آلودگی متوسط تا بسیار زیاد مشاهده شد. برخی علف‌کش‌های مورد استفاده نظیر بن‌سولفورون-متیل و تری‌بنورون-متیل ارتباط منفی معنی‌داری با عملکردهای دانه مشاهده‌شده در مزارع برنج داشتند. ازاینرو، به‌نظر می‌رسد کشاورزان می‌بایست در استفاده از این علف‌کش‌ها در مزارع برنج تجدید نظر نمایند. همچنین، تأخیر در کاشت و مصرف تجملی کودهای نیتروژن‌دار ارتباط نزدیکی با شدت آلودگی مزارع به علف‌های هرز و کاهش عملکرد داشت. در بررسی رابطه بین عملکردهای بدست‌آمده در مزارع برنج و تاریخ سم‌پاشی علف‌کش (۳۱ تا ۷۷ روز پس از کاشت) به‌وضوح رابطه منفی معنی‌داری مشاهده شد؛ یعنی با تاخیر در زمان سم‌پاشی و به‌تبع افزایش توان رقابتی علف‌های هرز که ممکن است با کاهش کارایی علف‌کش‌ها نیز همراه باشد، عملکردها به‌طور خطی کاهش یافت. در مجموع، از میان متغیرهایی که اثر معنی‌داری بر عملکردهای مشاهده‌شده در منطقه داشتند، به استثنای متغیر سن کشاورز، همگی مرتبط با عوامل کاهنده عملکرد، یعنی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز بودند. بر اساس نتایج بدست آمده، عوامل کاهنده عملکرد، در مجموع، حدود ۹۰ درصد از خلا عملکرد مشاهده‌شده در منطقه را توضیح داد.

کلید واژه ها: روش تحلیل مقایسه کارکرد، عملکرد قابل حصول، عملکرد واقعی، مدل تولید، مدیریت علف‌های هرز

مقدمه

فشرده‌سازی پایدار نظام‌های کشاورزی از طریق کاهش یا بستن خلا عملکرد موجود در زمین‌های کشاورزی به‌عنوان یکی از مسیرهای ممکن برای برآورده کردن تقاضای غذا در آینده مطرح است (Beza *et al.*, 2017). مفهوم "خلا عملکرد" مبتنی بر اصول بوم‌شناختی تولید گیاه زراعی است و می‌تواند به‌عنوان تفاوت بین یک معیار (مثلاً عملکرد پتانسیل اقلیمی یا عملکرد پتانسیل در شرایط محدودیت آب) و عملکرد واقعی تخمین زده شود (van Ittersum *et al.*, 2013). این مفهوم اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا نشان‌دهنده پتانسیل بیوفیزیکی موجود برای بهبود تولیدات کشاورزی در یک مکان خاص است (Stuart *et al.*, 2016). به عبارت دیگر، اطلاعات در مورد میزان خلا عملکرد و عوامل توضیح‌دهنده مرتبط برای هدف‌گذاری موثر تلاش‌ها جهت افزایش تولید محصول در یک منطقه خاص، مهم است (Affholder *et al.*, 2013). به‌عنوان مثال، آنالیز خلا عملکرد نخل روغنی در اندونزی نشان داد که میانگین عملکردها در حدود ۴۲ درصد از عملکرد قابل‌دستیابی است و روش‌های زراعی که خلا موجود را توضیح می‌داد شامل مدیریت هرس، تغذیه گیاهی، فاصله برداشت و کنترل علف‌های هرز بود (Monzon *et al.*, 2023). در بوتان، Wangmo *et al.* (2024) خلا بین پتانسیل عملکرد دانه ذرت (با بهترین شیوه‌های مدیریتی در ایستگاه‌های تحقیقاتی) و میانگین عملکرد مزارع و نیز بین بهترین عملکردها و میانگین عملکرد مزارع را برای ارتفاعات بالا به ترتیب ۲۳ و ۲۰ درصد و برای ارتفاعات پایین به ترتیب ۵۳ و ۲۳ درصد گزارش کردند. این محققین با مدل درخت طبقه‌بندی و رگرسیون نشان دادند که موقعیت مزرعه (فاصله از خانه کشاورز)، منبع بذر (گواهی‌شده در مقابل بذر تولیدی توسط کشاورز) و تعداد اعضای خانوار درگیر در کشاورزی از ویژگی‌های کلیدی مرتبط با شیوه مزرعه‌داری و رژیم استفاده از کود دامی، کاربرد اوره، روش کاشت و دفعات وجین از شیوه‌های کلیدی مدیریتی بودند که باعث ایجاد تنوع در عملکردها می‌شد. Stuart *et al.* (2016) خلا عملکرد قابل بهره‌برداری در چهار منطقه مختلف کشت برنج در جنوب شرقی آسیا را بین ۲۳ تا ۴۲ درصد شناسایی کردند. Tseng *et al.* (2021) با ارزیابی عوامل

مزرعه‌ای موثر بر تولید برنج در اروگوئه بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ نشان دادند که میانگین خلا عملکرد قابل‌دستیابی سالانه از ۱۶ تا ۲۲ درصد در مزارع با ارقام غیرهیبریدی (۹۰ درصد از سطح زیر کشت) و از ۱۴ تا ۲۲ درصد در مزارع با برنج هیبرید (۱۰ درصد از سطح زیر کشت) متغیر بود. این محققین کاشت زودهنگام و به دنبال آن مقدار مصرف نیتروژن را به‌عنوان مؤثرترین عوامل ایجاد خلا عملکرد در هر دو سیستم شناسایی کردند. Lan *et al*. (2021) نیز نشان دادند که با بستن خلا موجود در تولید برنج در چین می‌توان عملکردهای فعلی مزارع را حدود ۷ درصد (۶/۹ میلیون تن برنج که معادل ۳ درصد از تولید ملی این کشور است) افزایش داد که این امر منجر به کاهش ردپای ملی کمبود آب مرتبط با کشت برنج به میزان ۵۲ تا ۵۵ درصد خواهد شد. بیشتر تحقیقات در مورد تجزیه و تحلیل خلا عملکرد روی غلات، به ویژه گندم، ذرت و برنج انجام شده است که بخش بزرگی از غذای انسان را تامین می کنند (Sobhani *et al.*, 2022; Soltani *et al.*, 2016).

در استان خوزستان، عملیات کشت برنج بدون ایجاد خزانه نشا و نشاکاری گیاهچه و با بذرپاشی یا بذرکاری مستقیم انجام می‌شود. برای کاشت، بذرها به روش خشکه‌کاری یا در مزرعه غرقاب‌شده توزیع می‌شوند. در روش غرقابی، پس از انجام مراحل تهیه بستر و مرزکشی، مزرعه غرقاب خواهد شد و بذرها به‌صورت دست‌پاش و پرتابی در مزرعه پخش می‌شود. در روش خشکه‌کاری، بذرها پس از تسطیح مزرعه با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ روی سطح خاک توزیع شده و سپس با یک دیسک سبک در زیر خاک دفن می‌شوند. در رویکرد دیگر خشکه‌کاری برنج، بذرها با استفاده از دستگاه کشت مستقیم مکانیکی (خطی کار) بطور مستقیم در عمق مورد نظر کشت می‌شوند. در روش خشکه‌کاری، مزرعه تا حدود ۵ هفته از زمان کاشت به‌صورت متناوب آبیاری می‌شود (۳-۲ مرتبه در هر هفته بسته به بافت خاک مزرعه) و پس از آن، مزرعه تا انتهای دوره رشد غرقاب خواهد ماند. در روش خشکه‌کاری، برخلاف روش غرقابی، مرزبندی مزرعه پس از کاشت بذرها انجام می‌گیرد. در شرایط اقلیمی خوزستان، برنج پس از کاشت (در یک دوره ۴۵-۳۰ روزه که به‌طور معمول از اوایل خرداد آغاز می‌شود) به‌مدت حدود ۵ ماه نیازمند به مراقبت و مدیریت صحیح زراعی می‌باشد تا بتوان حداکثر بهره‌برداری را از اراضی تحت کشت این گیاه بدست آورد. لذا، کیفیت عملیات زراعی انجام‌شده از زمان تهیه بستر تا دوره‌های کاشت و داشت گیاه و نیز دسترسی به مواد مغذی و مدیریت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در خلال این دوره، عملکرد نهایی بدست‌آمده از مزارع را تعیین می‌کند. بر این اساس، تعیین سهم عوامل محدودکننده و کاهنده عملکرد در اراضی تحت کشت و شناسایی عوامل مدیریتی بهینه از میان متغیرهای متعدد موثر بر عملکرد برنج ممکن است به ارائه راه‌کارهایی جهت بهبود عملکردهای قابل‌دستیابی در منطقه منتج شود. بنابراین، این مطالعه با هدف شناسایی عوامل محدودکننده (عملیات‌های زراعی مربوط به کاشت و داشت، مصرف عناصر غذایی و غیره) و کاهنده (آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز) عملکرد و تعیین سهم هر یک در خلا موجود در تولید برنج در شعیبیه خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از بهار تا پاییز سال ۱۴۰۰ به صورت پیمایشی در ۱۰۰ مزرعه از اراضی تحت کشت برنج منطقه شعیبیه شهرستان شوشتر (با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی) انجام شد. متوسط رطوبت نسبی و دماهای حداقل و حداکثر ماهانه در این منطقه در سال ۱۴۰۰ در شکل ۱ ارائه شده است.

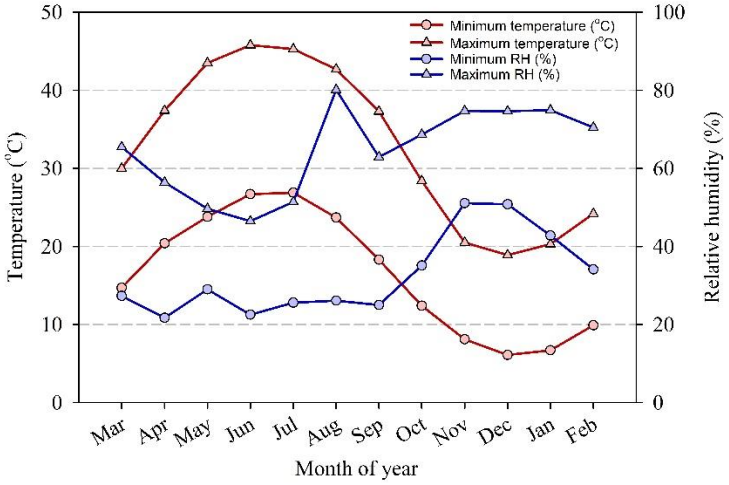

Figure 1. Average relative humidity and minimum and maximum monthly temperatures in the surveyed area

برای مستندسازی رویه تولید برنج و تعیین خلا عملکرد دانه، تمامی داده‌های مربوط به اطلاعات عمومی مزرعه و کشاورز و نیز عملیات مرتبط با تهیه بستر و کاشت، داشت و برداشت مزرعه با چندین مرتبه پایش مزارع در خلال فصل رشد و تکمیل پرسش‌نامه‌های تهیه‌شده برای این منظور جمع‌آوری شد که این اطلاعات در مجموع شامل ۴۲ متغیر مستقل کمی و کیفی و عملکرد دانه بدست‌آمده در هر مزرعه بود. این متغیرها عبارت بودند از سن کشاورز، سطح سواد، مساحت مزرعه، تسطیح مزرعه، وضعیت زهکشی، تناوب زراعی، ماخار مزرعه، تعداد شخم، تعداد دیسک، نوع کاشت، ادوات کاشت، مقدار بذر مصرفی، محل تهیه بذر، نوع کود پایه، تاریخ کاشت، کود نیتروژن (سه متغیر شامل سرک اول، دوم و سوم)، نیتروژن کل، فسفر (سرک)، کل کود فسفر، نوع ریزمغذی، شدت آلودگی مزرعه به علف‌های هرز (ارزیابی چشمی)، گونه علف‌هرز (چهار متغیر شامل بندواش، پنجه‌مرغی، قاشق‌واش و جلبک)، نوع علف‌کش، دز علف‌کش (پنج متغیر شامل بیس‌پیریباک- سدیم، بن سولفورون-متیل، تری‌بنورون-متیل، تو، فور-دی+ام‌سی پی آ و کلودینافپ-پروپارجیل)، تاریخ سمپاشی، روش سمپاشی، مقدار آب مصرفی، اصلاح‌کننده آب، شدت آلودگی به آفت قبل از سمپاشی (ارزیابی چشمی)، آفت‌کش مصرفی، شدت خسارت بیماری (ارزیابی چشمی)، قارچ‌کش مصرفی، و تاریخ برداشت. برای مستندسازی رویه تولید، جدول فراوانی یک‌طرفه تمامی متغیرهای کمی و کیفی محاسبه شد و به ترتیب با نمودارهای درصد فراوانی تجمعی و درصد فراوانی ساده نشان داده شد.

برای تجزیه داده‌ها، ابتدا اطلاعات جمع‌آوری‌شده سازمان‌دهی شد. برای این منظور، متغیرها، واحدها و مقادیر آن‌ها کدگذاری و تعریف شد. برای تعیین خلا عملکرد دانه برنج از روش تحلیل مقایسه کارکرد (Kayiranga *et al.*, 2006) استفاده شد. بدین ترتیب که، مدل عملکرد با تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام پیش‌رونده بین تمامی متغیرهای مستقل (کمی و کیفی) و عملکرد دانه (متغیر وابسته) تعیین شد. مقدار عملکرد قابل‌دستیابی با قرار دادن بهترین مقادیر مشاهده‌شده متغیرها در مدل عملکرد (مدل تجربی توصیف‌کننده عملکرد در شرایط بهینه مدیریتی) بدست آمد. با قرار دادن میانگین مقادیر مشاهده‌شده هر یک از متغیرها در

مدل عملکرد، عملکرد متوسط تعیین شد. اختلاف عملکرد قابل‌دستیابی و عملکرد متوسط به‌عنوان خلا عملکرد در نظر گرفته شد. اختلاف حاصل‌ضرب مقدار متوسط مشاهده‌شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل‌ضرب بیشترین مقدار برای همان متغیر در ضریب همان متغیر، مقدار خلا عملکرد ایجادشده توسط آن متغیر است. نسبت مقدار خلا عملکرد برای هر متغیر به کل خلا عملکرد، نشان‌دهنده سهم آن متغیر در ایجاد خلا عملکرد است که به‌صورت درصد نشان داده می‌شود. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از برنامه SigmaPlot نسخه ۱۵ استفاده شد.

نتایج و بحث

مستندسازی تولید برنج

اطلاعات عمومی مزرعه و کشاورز

سن کشاورزان برنج‌کار در منطقه مورد مطالعه بین ۲۰ تا ۵۸ سال متغیر بود. در این منطقه، ۲۷ درصد از کشاورزان کمتر از ۳۰ سال و ۵۹ درصد از آن‌ها بین ۳۱ تا ۵۰ سال سن داشتند. فراوانی سن کشاورزان برنج‌کار برای افراد بالای ۵۰ سال نیز تنها ۱۴ درصد بود (شکل ۲الف). سطح سواد کشاورزان از تحصیلات دوره ابتدایی تا درجه کارشناسی ارشد متغیر بود (شکل ۲ب). در این میان، بیشترین فراوانی مربوط به افرادی بود که دارای سطح سواد دوره ابتدایی یا سیکل (در مجموع ۶۴ درصد) بودند. تعداد کشاورزان برنج‌کار با افزایش سطح سواد کاهش یافت، بطوریکه تنها ۱۰ درصد از آن‌ها درجه کارشناسی یا کارشناسی ارشد داشتند. مساحت مزارع برنج مورد مطالعه نیز بین ۲ تا ۲۰ هکتار متغیر بود. در این منطقه، ۲۵ درصد از کشاورزان مزارعی با سطح ۴ هکتار یا کمتر داشتند (شکل ۲ج). همچنین، مساحت مزارع ۸۰ درصد از کشاورزان ۸ هکتار یا کمتر بود. مساحت مزرعه برنج تنها ۳ درصد از کشاورزان منطقه بیشتر از ۱۵ هکتار بود.

در منطقه مورد مطالعه، ۹۹ درصد از زمین‌های زراعی با استفاده از اسکریپر لیزری پشت تراکتوری تسطیح شده بود و تنها یک مزرعه فاقد تسطیح مناسب بود. به همین ترتیب، ۹۹ درصد از زمین‌های زراعی وضعیت زهکشی مناسبی داشتند. نظام کشت در ۷۵ درصد از اراضی مطالعه‌شده از نوع گندم-برنج بود. در ۲۵ درصد از دیگر مزارع، برنج به‌صورت متناوب با گندم و کلزا کشت و کار می‌شد.

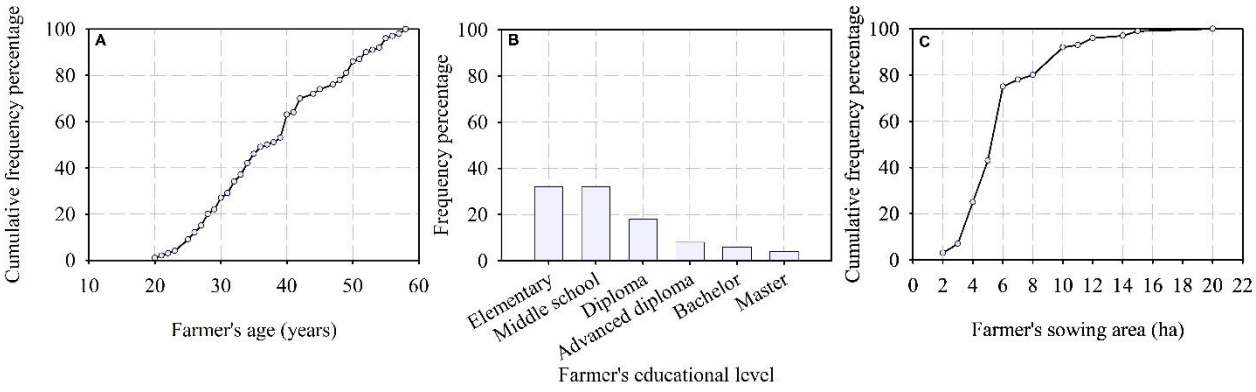

Figure 2. Frequency status of farmer `s age (A), farmer `s educational level (B) and farmer `s sowing area (C) in Shoaybieh district of Shushtar county.

اطلاعات تهیه بستر و کاشت

تنها ۱۷ درصد از کشاورزان زمین زراعی خود را جهت انجام عملیات تهیه بستر ماخار کردند و در سایر مزارع عملیات تهیه بستر بدون انجام ماخار مزرعه انجام شد. مشکلات مرتبط با تعمیر و نگهداری موتور پمپ‌های دیزلی (گازوئیلی) و مصرف سوخت بالای این ادوات عمده‌ترین دلیل عدم ماخار مزرعه در طی مراحل تهیه بستر در این منطقه بود. تنها یک کشاورز (یک درصد از کشاورزان منطقه) در عملیات تهیه بستر از گاوآهن برگردان‌دار یک‌طرفه استفاده کرد و در سایر مزارع، عملیات تهیه بستر تنها شامل دیسک‌زنی، ماله‌کشی و مرزبندی بود. این کشاورز زمین زراعی خود را سه مرتبه شخم زد که علت آن عدم دستیابی به دانه‌بندی مناسب خاک بود. عملیات دیسک‌زنی در مزارع مطالعه‌شده با استفاده از دیسک کششی افست ۱۶ یا ۲۴ پره چرخ‌دار انجام شد. تعداد عملیات دیسک‌زنی در ۷۲ درصد از مزارع دو مرتبه و در ۲۸ درصد از مزارع سه مرتبه بود. علاوه بر این، در تمامی مزارع مطالعه‌شده بعد از عملیات دیسک‌زنی نسبت به تسطیح مزرعه با استفاده از دستگاه لولر و بعد از کاشت بذر (در روش خشکه‌کاری مستقیم)، نسبت به مزربندی مزرعه با مرزبند کشویی اقدام شد. علت عدم استفاده از گاوآهن برگردان‌دار در مراحل تهیه بستر در این منطقه، بر هم خوردن تسطیح مزرعه با این روش خاک‌ورزی است.

کاشت برنج در ۷۵ درصد از مزارع به روش خشکه‌کاری و در ۲۲ درصد از آن‌ها به‌صورت غرقابی انجام شد. بر اساس داده‌های گردآوری‌شده، کشت بذر در ۳۵ درصد از کل مزارع با دستگاه سانتریفیوژ و در ۴۳ درصد با استفاده از دستگاه کشت مستقیم مکانیکی انجام شد. با توجه به عدم امکان ورود تراکتور به مزارع غرقاب، کشت بذر در این روش کاشت به‌صورت دست‌پاش (۲۲ درصد از مزارع) بود.

بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، ۷۷ درصد از کشاورزان در زمان کاشت هیچ نوع کود پایه‌ای مصرف نکردند. تنها یک کشاورز قبل از کاشت از دو کود اوره و سوپرفسفات تریپل به‌صورت خاک‌مصرف استفاده کرد. همچنین، در ۲۳ درصد از مزارع باقی‌مانده تنها از یکی از دو کود دی‌آمونیوم فسفات یا سولفات پتاسیم استفاده شد. مقدار کل کود پایه مصرف‌شده در این مزارع، به استثنای یک مزرعه که در آن ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود (۵۰ کیلوگرم اوره + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل) مصرف شد، معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار (دی‌آمونیوم فسفات یا سولفات پتاسیم) بود.

نوع رقم شلتوک کشت‌شده در تمام مزارع عنبربو پاکوتاه بود. در هیچ یک از این مزارع از هیچ یک از مواد مغذی، قارچ‌کش یا آفت‌کش برای ضدعفونی بذرها استفاده نشد. همچنین، ۹۸ درصد از کشاورزان این منطقه از بذرهای تولید شده در زراعت برنج سال گذشته خود برای کاشت مزرعه استفاده کردند و تنها دو درصد از آن‌ها بذر خود را از مراکز فروش تهیه نمودند. مقدار بذر مصرفی در ۲۳، ۱۸ و ۱۷ درصد از مزارع مطالعه‌شده (در مجموع ۵۸ درصد) به‌ترتیب ۱۴۰، ۱۵۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. داده‌های درصد فراوانی تجمعی مقدار بذر مصرفی در مزارع نشان داد که ۴۰ درصد از کشاورزان ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار بذر یا کمتر و ۹۷ درصد از آن‌ها حداکثر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بذر مصرف کردند (شکل ۳الف). مصرف بذر ارتباط مستقیمی با روش کاشت بذر داشت. بطور معمول، مصرف بذر در شرایط استفاده از دستگاه کشت مستقیم مکانیکی کم‌تر از هنگام کاشت بذر با دستگاه سانتریفیوژ یا دستپاشی بذرها است. کاشت برنج در مزارع مطالعه‌شده از تاریخ ۱۵ خرداد ماه آغاز و تا ۸ تیر ادامه یافت. درصد فراوانی تجمعی برای تاریخ‌های کاشت قبل از ۲۵ خرداد ماه تنها ۹ درصد بود و در بازه زمانی بین ۲۵ تا ۳۱ خرداد به ۳۸ درصد رسید (شکل ۳ب). درصد فراوانی تجمعی تاریخ کاشت برنج پس از ۳۵ روز اول خرداد به ۹۳ درصد رسید؛ یعنی آنکه کاشت برنج در ۵۵ درصد از مزارع در بازه زمانی بین اول تا چهارم تیر ماه انجام شده بود.

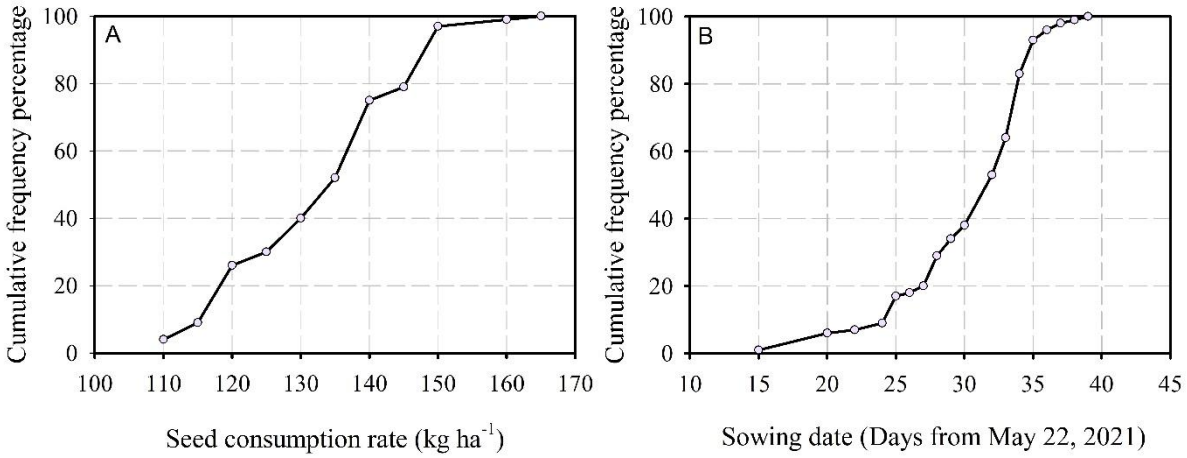

Figure 3. Frequency of the variables of seed consumption rate (A) and sowing date (B) in the studied rice fields in Shoaybieh district of Shushtar county.

اطلاعات داشت و برداشت

در مزارع مطالعه‌شده، مقدار مصرف کود اوره در سرک اول بین ۵۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار (شکل ۴الف)، در سرک دوم بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (شکل ۴ب) و در سرک سوم بین ۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (شکل ۴ج) متغیر بود. در سرک اول، فراوانی تجمعی برای مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره تنها ۷ درصد بود و برای مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره به ۹ درصد رسید. مصرف کود اوره در سرک اول در ۷۲ و ۹۲ درصد از مزارع مطالعه‌شده به‌ترتیب حداکثر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود و تنها در ۸ درصد از این مزارع مقدار مصرف کود اوره به بیش از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار رسید. در سرک دوم، مقدار مصرف کود اوره در ۴۵ و ۳۹ درصد از مزارع برنج مطالعه‌شده به ترتیب ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود، درحالیکه مصرف اوره تنها در ۷ درصد از این مزارع معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار یا کمتر بود. در سرک سوم، در ۲۰ درصد از مزارع برنج هیچ کودی استفاده نشد، درحالیکه در ۵۷ درصد از مزارع مقدار مصرف کود اوره معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود و تنها در ۵ درصد از مزارع باقی‌مانده مقدار کود اوره بیشتر از این حد مصرف شد.

در مجموع، مقدار کل کود اوره مصرف‌شده در طی فصل رشد برنج در مزارع مطالعه‌شده در بخش شعیبیه بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. این درحالی است که مصرف کود اوره تنها در ۲ درصد از مزارع معادل ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و فراوانی تجمعی برای مصرف ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به ۲۶ درصد رسید. بالاترین درصد فراوانی برای مصرف کود اوره در مزارع برنج مطالعه‌شده به ترتیب مربوط به مقادیر ۴۵۰ (۳۳ درصد) و ۵۰۰ (۲۳ درصد) کیلوگرم در هکتار بود. مقدار مصرف کود اوره در ۱۱ درصد از مزارع برنج مطالعه‌شده در بخش شعیبیه شهرستان شوشتر به بین ۵۲۵ تا ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید.

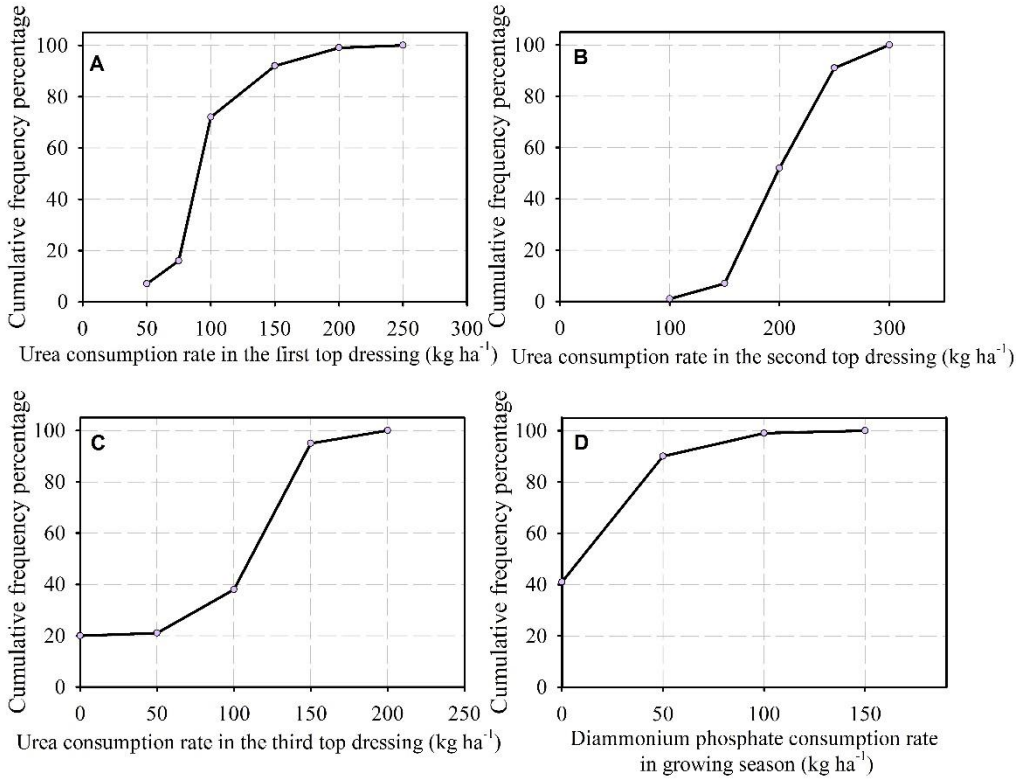

Figure 4. The frequency of the variables of the amount of urea fertilizer used in the first (A), second (B) and third (C) top dressing, and diammonium phosphate consumption rate (D) in the studied rice fields in Shoaybieh district of Shushtar county.

برخی کشاورزان علاوه بر کود اوره از دی‌آمونیوم فسفات نیز برای تغذیه بوته‌ها در خلال فصل رشد استفاده کردند. بر مبنای اطلاعات جمع‌آوری‌شده، مقدار مصرف دی‌آمونیوم فسفات در خلال فصل رشد برای ۴۹، ۹ و ۱ درصد مزارع به ترتیب معادل ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود، درحالیکه در ۴۱ درصد مزارع از این نوع کود در خلال فصل رشد استفاده نشد (شکل ۴د). در مجموع ۳۸ درصد کشاورزان منطقه از هیچ نوع کود حاوی فسفر در زراعت برنج خود استفاده نکردند. مقدار مصرف کود فسفردار برای ۴۵ و ۱۵ درصد مزارع به ترتیب معادل ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. علاوه بر این، یک درصد کشاورزان منطقه در زراعت برنج خود از کود کلات آهن (به مقدار ۱ لیتر در هکتار) و یک درصد نیز از کود سولفات آلومینیوم (به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده کردند.

علف‌های هرز اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus*)، درنه سرخه (*Echinochloa colona*)، لویی (*Typha latifolia*) و قیاق (*Sorghum halepense*) در تمام مزارع برنج مشاهده شد. علاوه بر این، گونه‌هایی مانند پنجه مرغی (*Cynodon dactylon*)، بندواش (*Paspalum distichum*)، قاشق واش (*Alisma plantago-aquatica*) و جلبک به ترتیب در ۸۸، ۱۹، ۴۸ و ۶۲ درصد مزارع ثبت شد. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، شدت آلودگی مزارع به علف‌های هرز در ۶ درصد مزارع کم، در ۳۲ درصد مزارع متوسط، در ۳۵ درصد مزارع زیاد و در ۴ درصد مزارع بسیار زیاد بود. در این منطقه، کشاورزان از

علف‌کش‌ها یا اختلاط‌های علف‌کشی متنوعی برای کنترل علف‌های هرز استفاده کردند. بر مبنای اطلاعات ثبت‌شده، فراوانی مصرف علف‌کش‌های بیس‌پیریباک سدیم (نوینو)، "بیس‌پیریباک سدیم + بن‌سولفورون متیل (لونداکس)"، "بیس‌پیریباک سدیم + تری‌بنورون متیل (گرانستار)"، "بیس‌پیریباک سدیم + تو، فور-دی (2, 4-D)"، "بیس‌پیریباک سدیم + تری‌بنورون متیل + تو، فور-دی" و "تری‌بنورون متیل + تو، فور-دی + کلودینافپ پروپارجیل (تاپیک)" در مزارع برنج مطالعه‌شده به ترتیب معادل ۱۲، ۲۵، ۲۵، ۲۸، ۹ و ۱ درصد بود.

مقدار مصرف علف‌کش نوینو بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار متغیر بود. تنها در یک مزرعه، مقدار مصرف این علف‌کش معادل ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار بود و در ۳۹ و ۵۹ درصد از دیگر مزارع به ترتیب دز ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌لیتر در هکتار مصرف شد. این علف‌کش تنها در یک مزرعه مورد استفاده قرار نگرفت. دز استفاده شده از علف‌کش لونداکس در مزارع بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌لیتر در هکتار متغیر بود. تنها یک درصد از کشاورزان از دز ۲۰۰ یا ۴۰۰ میلی‌لیتر در هکتار از علف‌کش لونداکس استفاده کردند و در ۲۳ درصد از مزارع، مقدار مصرف آن معادل ۱۰۰ میلی‌لیتر در هکتار بود. لازم به ذکر است که در ۷۵ درصد از مزارع مطالعه‌شده از لونداکس استفاده نشده بود. دز استفاده شده از علف‌کش گرانستار در مزارع برنج بین ۵۰ تا ۱۰۰ گرم در هکتار متغیر بود. بطوریکه، مقدار مصرف این علف‌کش در ۶۵، ۴ و ۳۱ درصد از مزارع به ترتیب معادل صفر، ۵۰ و ۱۰۰ گرم در هکتار ثبت شد. دز استفاده شده از علف‌کش 2, 4-D در ۶۲ و ۳۸ درصد از مزارع به ترتیب صفر و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار بود. علف‌کش تاپیک نیز تنها در یک مزرعه با دز ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار مصرف شد.

تاریخ سم‌پاشی مزارع برنج در دامنه زمانی بین ۳۱ و ۷۷ روز پس از کاشت انجام شد (شکل ۵الف). فراوانی تجمعی تاریخ سم‌پاشی برای ۳۵ روز از کاشت معادل ۱۷ درصد بود؛ بدان معنی که حداکثر ۱۷ درصد از کشاورزان در بازه زمانی بین ۳۱ تا ۳۵ روز پس از کاشت اقدام به سم‌پاشی مزرعه برنج خود نمودند. در روز ۴۵ و ۶۰ ام پس از کاشت به ترتیب حداکثر ۴۵ و ۹۰ درصد از مزارع برنج سم‌پاشی شده بود. در بازه زمانی بین ۶۰ تا ۷۷ روز پس از کاشت نیز ۱۰ درصد از مزارع باقی‌مانده سم‌پاشی شد. سم‌پاشی مزارع برنج مطالعه‌شده به دو شیوه استفاده از پهپاد (۸۸ درصد) یا سم‌پاش پشت تراکتوری بوم‌دار (۱۲ درصد) انجام گرفت. مقدار آب مصرف‌شده برای سم‌پاشی هر هکتار مزرعه برنج در روش استفاده از سم‌پاش پشت تراکتوری بوم‌دار معادل ۴۰۰ لیتر بود، درحالیکه مصرف آب در شیوه استفاده از پهپاد بین ۱۰ تا ۲۵ لیتر در هکتار متغیر بود. در این منطقه، همه کشاورزان از آب شرب برای سم‌پاشی مزارع خود استفاده کردند. علاوه بر این، ۳۴ درصد از کشاورزان این منطقه برای سم‌پاشی از اصلاح‌کننده نیز استفاده کردند.

بر اساس اطلاعات ثبت شده، ۹۹ درصد از مزارع برنج مطالعه‌شده در بخش شعیبیه آلوده به آفت کرم ساقه‌خوار برنج بود. از این میان، شدت آلودگی به آفت در ۳ درصد از مزارع کم بود. شدت آلودگی به آفت در ۶۷ و ۲۴ درصد مزارع به ترتیب زیاد و بسیار زیاد بود، درحالیکه در ۵ درصد مزارع شدت آلودگی متوسطی مشاهده شد. در ۹۲ درصد مزارع برنج مطالعه‌شده از هیچ آفت‌کشی برای کنترل کرم ساقه‌خوار استفاده نشد، درحالیکه در یک درصد مزارع از آفت‌کش سایپرومترین یا دلتامترین و در ۶ درصد دیگر از آفت‌کش دیازینون استفاده شد.

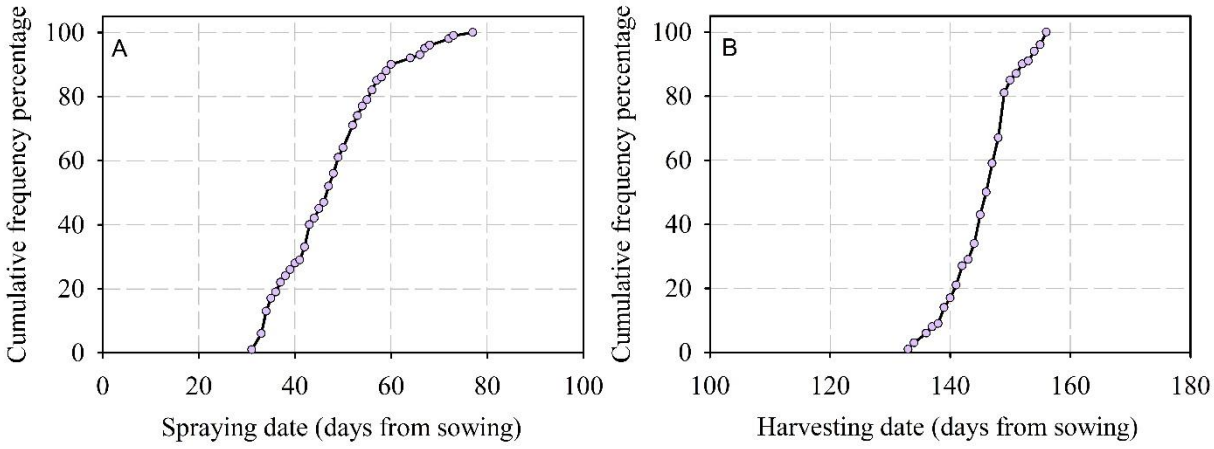

Figure 5. Frequency of the variables of spraying date (A) and harvesting date (B) in studied rice fields in Shoaybieh district of Shushtar county.

در اواخر فصل رشد برنج، بیماری بلاست در مزارع قابل‌مشاهده بود که شدت آلودگی این بیماری بر اساس بازدید بصری و نمره‌دهی چشمی برای هر مزرعه تعیین شد. بر اساس اطلاعات ثبت‌شده، شدت آلودگی به بیماری بلاست در ۶۴ و ۳۲ درصد مزارع برنج به ترتیب کم و متوسط بود، درحالیکه در ۴ درصد مزارع شدت آلودگی زیادی مشاهده شد. در ۶۲ درصد مزارع مطالعه‌شده از هیچ قارچ‌کشی برای کنترل بیماری بلاست استفاده نشد، درحالیکه در ۳۸ درصد مزارع، کشاورزان قارچ‌کش تیلت را برای کنترل این بیماری مصرف کردند.

محصول برنج تمام مزارع با استفاده از کمباین برداشت شد. برداشت برنج در مزارع مطالعه‌شده در بازه زمانی بین ۱۳۳ و ۱۵۶ روز پس از کاشت انجام شد (شکل ۵ب). نتایج آنالیز توصیفی داده‌ها نشان داد که حداکثر ۱۷ درصد از مزارع برنج پس از ۱۴۰ روز از کاشت برداشت شده بودند. فراوانی تجمعی برای روزهای ۱۴۵ و ۱۵۰ روز از کاشت به ترتیب معادل ۴۳ و ۸۵ درصد بود؛ بدان معنی که در بازه زمانی بین این دو، ۴۲ درصد از مزارع برنج برداشت شد. برداشت ۱۵ درصد مزارع برنج نیز در بازه زمانی بین ۱۵۰ و ۱۵۶ روز از کاشت انجام گرفت.

مدل تولید

مدل تولید توانست ۸۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه مزارع برنج مطالعه‌شده را با متغیرهای مورد بررسی توجیه کند (شکل ۶). بر اساس این مدل، از میان ۴۲ متغیر مستقل، عملکرد دانه (متغیر وابسته) تنها توسط ۶ عامل بطور معنی‌داری ($P<0.0001$) تحت تاثیر قرار گرفت. این عوامل عبارت بودند از: سن کشاورز (X_1)، شدت آلودگی مزرعه به علف‌های هرز (X_2)، حضور علف‌هرز بندواش در مزرعه (X_3)، استفاده از اصلاح‌کننده آب در طی عملیات سم‌پاشی (X_4)، شدت آلودگی مزرعه به آفت کرم ساقه‌خوار (X_5) و شدت آلودگی مزرعه به بیماری بلاست (X_6). بر پایه رگرسیون گام به گام پیش‌رونده، مدل عملکرد (Y) به‌صورت زیر بیان شد:

معادله (۱) $$Y=6677.15+7.46X_1-632.50X_2-247.35X_3+196.87X_4-121.21X_5-170.44X_6$$

بر پایه نتایج بدست آمده از این آنالیز، متغیرهایی که تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه برنج داشتند در گام بعد برای سهم‌بندی محدودیت‌های تولید در مزارع استفاده شدند.

سهم‌بندی محدودیت‌های تولید

سهم‌بندی محدویت‌های تولید برنج در مزارع مطالعه‌شده با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد در جدول ۱ ارائه شده است. بر پایه این رویکرد، بین میانگین عملکرد کشاورزان (۵۰۴۴/۴۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکردهای قابل‌دستیابی در منطقه (۶۹۰۲/۶۱ کیلوگرم در هکتار) در حدود ۱۴۹۵ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود داشت.

از این مقدار خلا عملکرد پیش‌بینی‌شده در منطقه، سهم عوامل سن کشاورز، شدت آلودگی مزرعه به علف‌های هرز، حضور علف‌هرز بندواش در مزارع، استفاده از اصلاح‌کننده آب در طی عملیات سم‌پاشی، شدت آلودگی مزرعه به آفت کرم ساقه‌خوار و شدت آلودگی مزارع به بیماری بلاست به ترتیب معادل ۳/۲۹، ۶۲/۲۹، ۲/۵۳، ۶/۹۹، ۲۰/۲۲ و ۴/۶۸ درصد بود.

برای منطقه مورد مطالعه، بین عملکرد متوسط و قابل‌دستیابی ۱۴۹۴/۵۲ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود داشت. در پژوهشی مشابه در ارقام محلی برنج در دو منطقه آمل و رشت خلا عملکرد به ترتیب ۱۷۰۷ و ۱۹۳۴

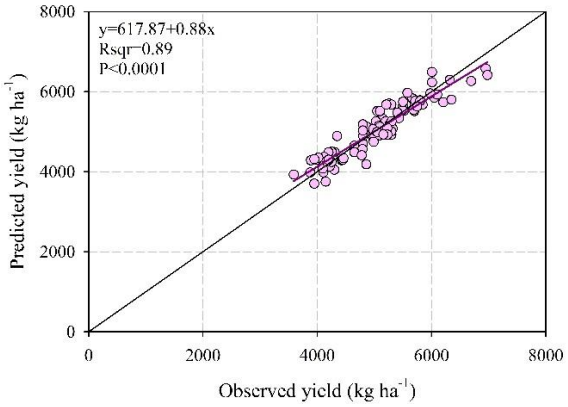

Figure 6. Relationship between predicted yield with model (line) and observed yields (circle) in rice fields

Table 1. Distribution of limitations of rice production in the studied fields in Shoaybiyeh district

		Variable value				Yield calculated with the model		Yield gap	
Variable*	Coefficient	Mean	Minimum	Maximum	Optimum	Mean	Optimum	Value	Percentage
Intercept	7283.18	1	-	-	1	7283.18	7283.18	-	-
X1	7.46	38.31	20	58	46.50	285.64	346.70	61.06	3.29
X2	-632.50	2.83	1	4	1	-1790	-632.50	1157.48	62.29
X3	-247.35	0.19	0	1	0	-47.00	0	47.00	2.53
X4	196.87	0.34	0	1	1	66.94	196.87	129.94	6.99
X5	-121.21	4.10	1	5	1	-496.95	-121.21	375.74	20.22
X6	-170.44	1.51	1	3	1	-257.37	-170.44	86.93	4.68
Yield	-	5044.45	3590.00	6980.00	-	5044.47	6902.61	1494.52	100

*X_1-X_6 indicate Farmer age, The intensity of weed infestation in the fields, The presence of *Paspalum* in the fields, Adjuvant, Intensity of field contamination with striped rice stemborer, Intensity of field contamination with blast disease, respectively.

کیلوگرم در هکتار محاسبه شد (Habibi *et al*., 2020). آنالیز خلا عملکرد برنج نشان داد که آلودگی مزارع به علف‌های هرز به‌تنهایی در حدود ۶۲/۳ درصد از کاهش عملکردها نسبت به عملکردهای قابل‌دستیابی را به خود اختصاص داده است. لازم به ذکر است که در تمامی مزارع مورد مطالعه علف‌های هرز اویارسلام ارغوانی، درنه سرخه، لویی و قیاق مشاهده و ثبت شدند. با توجه به عدم وجود تنوع در مزارع، مدل قادر به تفکیک میزان افت عملکرد ایجاد شده توسط این علف‌های هرز نبود. شدت آلودگی مزارع برنج به علف‌های هرز نیز تنها در ۶ درصد از مزارع کم و در ۹۴ درصد باقی‌مانده آلودگی متوسط تا بسیار زیاد مشاهده شد. برخی علف‌کش‌های مورد استفاده نظیر بن‌سولفورون متیل و تری‌بنورون متیل ارتباط منفی معنی‌داری با عملکردهای دانه مشاهده‌شده در مزارع برنج داشتند (داده‌ها نشان داده نشده است). ازاینرو، به‌نظر می‌رسد کشاورزان می‌بایست در استفاده از این علف‌کش‌ها در مزارع برنج تجدید نظر نمایند. از طرف دیگر، بررسی رابطه بین عملکردهای بدست‌آمده در مزارع برنج و تاریخ سم‌پاشی علف‌کش (۳۱ تا ۷۷ روز پس از کاشت) به‌وضوح رابطه منفی معنی‌داری مشاهده شد؛ یعنی با تاخیر در زمان سم‌پاشی و به‌تبع افزایش توان رقابتی علف‌های هرز که ممکن است با کاهش کارایی علف‌کش‌ها نیز همراه باشد، عملکردها به‌طور خطی کاهش یافته است. استفاده از اصلاح‌کننده آب در طی عملیات سم‌پاشی از نکات مثبتی بود که در مدیریت علف‌های هرز توسط برخی کشاورزان (۳۴ درصد) استفاده شده بود. اما، نکته قابل تامل در این مطالعه که می‌تواند ارتباط نزدیکی با شدت آلودگی مزارع به علف‌های هرز داشته باشد مصرف تجملی کودهای نیتروژن‌دار (۳۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار تنها از منبع اوره) بود. آلودگی مزرعه به آفت کرم ساقه‌خوار و بیماری بلاست نیز در مجموع سهم ۲۵ درصدی در افت عملکرد برنج در مزارع مطالعه‌شده داشت که با شناسایی به‌هنگام و مدیریت بهتر آن می‌توان از افت عملکرد ایجاد شده در مزارع برنج جلوگیری کرد.

Soltani *et al.* (2016) بیان کردند که برخی از دلایل کاهش عملکرد مزرعه و خلا عملکرد بالا ممکن است به دلیل روش‌های ناکارآمد مورد استفاده برای آماده‌سازی بستر بذر و کاشت، مدیریت ناکارآمد آب خاک، کاهش عملکرد ناشی از علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها در مزارع کشاورزان و باروری کم خاک یا مدیریت ناکافی مواد مغذی خاک باشد. در همین راستا، Absalan *et al.* (2023) سهم متغیرهای کود پتاس، گوگرد و ریزمغذی‌ها در خلا عملکرد کلزا در دهلران را در مجموع ۴۶/۹۵ درصد از کل خلا عملکرد مشاهده شده برآورد کردند. افزایش تولید مواد غذایی از طریق کم کردن خلا عملکرد، پیامدهای زیست محیطی کمتری نسبت به گسترش سطح تولید مواد غذایی دارد (Hajjarpoor *et al*., 2018).

چالش‌ها و محدودیت‌های تولید برنج برای هر محیط متفاوت است. علف‌های هرز عمده‌ترین آفاتی هستند که بیشترین تأثیر را بر عملکرد برنج دارند (Paul *et al*., 2014). میانگین تلفات عملکرد در برنج به دلیل رقابت علف‌های هرز بین ۴۰ تا ۶۰ درصد تخمین زده می‌شود که با رشد کنترل نشده علف‌های هرز ممکن است تا ۹۴-۹۶ درصد افزایش یابد (Chauhan and Johnson, 2011). در گزارشی، میزان افت عملکرد برنج به دلیل آفت کرم ساقه‌خوار از ۷/۰۷ درصد تا ۳۶/۲۶ درصد متفاوت بود (Touhidur Rahman *et al*., 2004). همچنین، در پژوهشی میزان افت عملکرد برنج به دلیل بیماری سوختگی غلاف، لکه‌های قهوه‌ای و بلاست برگ در سطح منطقه استوایی آسیا بین ۱ تا ۱۰ درصد گزارش شد (Savary *et al*., 2000).

نتیجه‌گیری

در مجموع، از میان متغیرهایی که اثر معنی‌داری بر عملکردهای مشاهده‌شده در منطقه داشتند، به استثنای متغیر سن کشاورز، همگی مرتبط با عوامل کاهنده عملکرد، یعنی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز بودند. عدم مدیریت

صحیح این عوامل در مجموع حدود ۹۰ درصد از خلا عملکرد مشاهده‌شده در منطقه را شامل بود.

سپاس گزاری

بدین وسیله از کلیه کشاورزانی که در مراحل جمع-آوری اطلاعات مربوط به مزارع منطقه شعیبیه، ما را همراهی نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارد. همچنین، از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، درخصوص پشتیبانی از پایان‌نامه، قدردانی می‌شود.

References

Absalan, M., Fateh, E., Aynehband, Y. & Derakhshan, A. (2023). Investigation of rapeseed yield gap in Dehloran city. *Plant Productions,* 46(3), 455-472.

Affholder, F., Poeydebat, C., Corbeels, M., Scopel, E. & Tittonell, P. (2013). The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics: Assessment and analysis through field surveys and modelling. *Field Crops Research*, 143(2013), 106-118.

Beza, E., Silva, J.V., Kooistra, L. & Reidsma, P. (2017). Review of yield gap explaining factors and opportunities for alternative data collection approaches. *European Journal of Agronomy*, 82(2017), 206-222.

Chauhan, B.S. & Johnson D.E. (2011). Ecological studies on *Echinochloa crus-galli* and the implications for weed management in direct-seeded rice. *Crop Protection*, 30(2011), 1385-1391.

Hajjarpoor, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H., Aynehband, A. & Vadez, V. (2018). Using boundary line analysis to assess the on-farm crop yield gap of wheat. *Field Crops Research*, 225(2018), 64-73.

Habibi, E., Niknezhad, Y., Fallah, H., Dastan, S. & Barari Tari, D. (2020). Estimation of yield gap of rice by comparative performance analysis (CPA) in Amol and Rasht regions. *Plant Production*, 42(4), 551-562. [In Persian]

Kayiranga, D. (2006). The Effect of land factors and management practices on rice yield (Case Study in Cyili Inland Valley, Gikonko District, Rwanda). International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. Master of Science Thesis. 85p.

Lan, K., Chen, X., Ridoutt, B.G., Huang, J. & Scherer, L. (2021). Closing yield and harvest area gaps to mitigate water scarcity related to China's rice production. *Agricultural Water Management*, 245(2021), 106602.

Monzon, J.P., Lim, Y.L., Tenorio, F.A., Farrasati, R., Pradiko, I., Sugianto, H., Donough, C.R., Rattalino Edreira, J.I., Rahutomo, S., Agus, F., Slingerland, M.A., Zijlstra, M., Saleh, S., Nashr, F., Nurdwiansyah, D., Ulfaria, N., Winarni, N.L., Zulhakim, N. & Grassini, P. (2023). Agronomy explains large yield gaps in smallholder oil palm fields. *Agricultural Systems*, 210(2023), 1-13.

Paul, J., Choudhary, A.K., Suri, V.K., Sharma, A.K., Kumar, V. & Shobhna. (2014). Bioresource nutrient recycling and its relationship with biofertility indicators of soil health and nutrient dynamics in rice-wheat cropping system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45(7), 912-924.

Savary, S., Willocquet, L., Elazegui, F.A., Castilla, N.P. & Teng, P.S. (2000). Rice pest constraints in tropical Asia: Quantification of yield losses due to rice pests in a range of production situations. *Plant Disease*. Special Report. 357-369.

Sobhani, A.A., Zaefarian, F., Kaveh, M. & Abbasian, A. (2022). Response of rice and weeds to seed priming under different weed management in direct seeded. *Plant Production*, 45(3), 421-434.

Soltani, A., Hajjarpour, A. & Vadez, V. (2016). Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. *Field Crops Research*, 185(2016), 21-30.

Stuart, A.M., Pame, A.R.P., Silva, J.V., Dikitanan, R.C., Rutsaert, P., Malabayabas, A.J.B., Lampayan, R.M., Radanielson, A.M. & Singleton, G.R. (2016). Yield gaps in rice-based farming systems: Insights from local studies and prospects for future analysis. *Field Crops Research*, 194(2016), 43-56.

Tseng, M.C., Roel, Á., Macedo, I., Marella, M., Terra, J., Zorrilla, G. & Pittelkow, C.M. (2021). Field-level factors for closing yield gaps in high-yielding rice systems of Uruguay. *Field Crops Research*, 264(2021), 1-12.

Touhidur Rahman, M.d., Khalequzzaman, M. & Ataur Rahman Khan, M. (2004). Assessment of infestation and yield loss by stem borers on variety of rice. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 7(1), 89-95.

van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P. & Hochman, Z. (2013). Yield gap analysis with local to global relevance—A review. *Field Crops Research***,** 143(2013), 4-17.

Wangmo, P., Thinley, K., Nakashima, T. & Kato, Y. (2024). Agronomic assessment of the yield variability and yield gap of maize in Bhutan. *Crop and Environment*, 3(1), 25-32.