Shahid Chamran University of Ahvaz
Irrigation Sciences and Engineering (JISE) **Vol. 42, No. 2, Summer 2019, p. 63-73**

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Sprinkler Irrigation on Grain Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Rice Cultivars under Drill-Seed Cultivation in Khuzestan

A. Gilani[1*] , S. Absalan[2], S. Jalali[3] and L. Behbahani[4]

1*- Corresponding Author, Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran. *(abdolali.gilani@yahoo.com)*.
2- Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran.
3- Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran.
4- Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran.

Received: 20 October 2016 Revised: 6 September 2017 Accepted: 11 September 2017

Keywords: Water requirement, High yielding variety, Traditional variety, Water productivity.
DOI: 10.22055/jise.2017.19659.1409

Introduction

Water scarcity is a major constraint in the development of rice farming in some parts of the world. In many areas, the volume of water consumed in the field and during the growing season of rice is usually more than the actual requirement due to traditional flood irrigation. In the province of Khuzestan, irrigation water requirement is potentially high due to the coincidence of rice cultivation with the beginning of hot months of the year. In traditional irrigation management, regular water entry and exit from the basins is commonly used to reduce water temperature and create a cool environment for plant development. This system causes a lot of water losses. It seems that a change in the irrigation method of rice fields is necessary. The application of new technologies, such as pressurized irrigation systems, can be an appropriate approach to reduce future problems related to increasing water shortages. In this regard, the study of pressurized irrigation systems has been considered as one of the strategies for reducing water consumption and increasing water productivity in rice cultivation in the research program. Result of a research in Pakistan about water use efficiency and economic feasibility of growing rice with sprinkler irrigation showed that the application of this system increased the yield of rice by 18%, while the water consumed was 35% less than the traditional irrigation system (McCauley, 1990).

Materials and Methods

This research was carried out to determine the reaction of rice cultivars to water regimes in the sprinkler irrigation system. This experiment was performed as split plot in RCB design with three replications for two years (2002-2003) in Shavour research station as a branch of Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. Water regimes were the main plots in three levels (75%, 100% and 125% of crop water requirement) and rice cultivars were as subplots (three high-yielding and three local cultivars namely Red Anbouri, Champa-16, and Champa-6). The cultivation method was drill-seed in which the seeds were buried in holes of 3 or 4 centimeters of depth in plots with 11*11 m2 in size. The irrigation of the farm was carried out by designing and installing a network of polyethylene pipes and using VYR80 part circle sprinklers (adjustable to full-circle) with a spray diameter of 22 meters. For each plot, four

sprinklers were considered on four corners. Water measurement in plots was done by volume meter. Irrigation was carried out on a daily basis. The combined analysis showed that there was a significant differnce in yield between a certain year and its reaction with water regime (1%) and also cultivars (5%) but there were no differences in other cases. The highest grain yield belonged to the second year with an average of 3164 kg/ha. The grain yield increased from 2572 to 2860 kg/ha as a result of changing the level from 75% to 125%. Among the cultivars, Champa-16 produced the highest grain yield (3035 kg/ha).

Results and Discussion

Combined analysis showed a significant difference between the year and its interaction with variety at 1% level and rice varieties at 5% level. According to the comparison of the averages, the highest grain yield with an average of 3164 kg / ha was related to the second year. Among the irrigation levels of 75% and 125%, grain yield increased to 288 kg/ha after increasing water consumption in 125% irrigation regime to 9112 m^3 . Comparison of the means for rice varieties showed that the highest grain yield was for Champa-16 with an average of 3035 kg/ha. The interaction between variety and year indicates that all varieties had more yield in the second year, the highest seed yield being related to Gachsaran-5 and Gachsaran-7, followed by the local varieties of Red Anbouri and Champa-16.

The volumes of water consumed at the irrigation levels of 125, 100 and 75% of water requirement in the first year were 18, 14.4 and 11.5 thousand cubic meters per hectare. In the second year, however, these quantities were 28.9, 22.8 and 17.2. The difference in water consumption between the two years was related to the differences of evaporation which had been measured from class A pan placed in the vicinity of the project field so that in the first and second years, the evaporation from class A pan were 1121 and 1605 mm, respectively, during the growing season.

Conclusion

Changes in grain yield indicated that, in proportion to the increase in water, the grain yield in this range of irrigation regime had a linear upward trend. The difference of yield response of varieties to sprinkler irrigation system was high. Under such sysytems, irrigation of local varieties is more beneficial than new high yielding varieties. The slope of the increase in yield, proportional to the increase in water consumption, indicates the greater sensitivity of the farm to changes in water levels in the sprinkler irrigation system.

Regardless of whether or not rice cultivation in Khuzestan is scientific, it is possible to use a sprinkler irrigation system without the physiological limitations of the existing varieties. However, it requires research that involves socio-economic aspects as well. The sprinkler irrigation system in this research was adapted to the experimental design under irrigation with a one-day interval. For feasibility studies in farmer's conditions, additional research is necessary with regard to practical aspects.

Acknowledgements

Thanks to the Shavoor research station personnel specially Mr. Amer Alvani who assisted in the collection of the data.

References

1- MCCAULEY, G. J. A. J. 1990. Sprinkler vs. flood irrigation in traditional rice production regions of southeast Texas. 82**,** 677-683.

© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری
جلد ۴۲، شماره‌ی ۱، تابستان ۹۸، ص. ۷۳-۶۳

اثر آبیاری بارانی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب ارقام برنج در کشت مستقیم خشکه‌کاری در خوزستان

عبدالعلی گیلانی[۱*]، شکراله آبسالان[۲]، سامی جلالی[۳] و لیلا بهبهانی[۴]

۱*- نویسنده مسئول، عضو هیات علمی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.abdolali.gilani@yahoo.com

۲- عضو هیات علمی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

۳- کارشناس برنج، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

۴- محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

دریافت: ۱۳۹۵/۷/۲۹ بازنگری: ۱۳۹۶/۶/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۲۰

چکیده

این پژوهش به‌منظور تعیین واکنش ارقام برنج بهرژیم‌های آبیاری در سیستم آبیاری بارانی اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار طی دو سال (۱۳۸۲-۱۳۸۱)در ایستگاه تحقیقات شاوور وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا گردید. عامل اصلی آبیاری در سه سطح ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵درصد آب مورد نیاز گیاه و عامل فرعی، سه رقم برنج پرمحصول به همراه سه رقمِ محلی عنبوری قرمز و چمپای ۱۶ و ٦ در نظر گرفته شد. بذور ارقام به صورت خشکه‌کاریبه عمق سه تا چهار سانتی‌متر در کرت‌هایی به ابعاد ۱۱×۱۱ متر مربع کشت گردید. تجزیه مرکب مربوط به عملکرد دانه نشان داد بین سال و اثر متقابل آن با رقم در سطح ۱ درصد و ارقام نیز در سطح ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار بود، در سایر موارد اختلافی از نظر آماری مشاهده نشد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به سال دوم با متوسط ۳۱٦٤ کیلوگرم در هکتار بود. با تغییر شرایط از تیمار ۷۵ به ۱۲۵ درصد، عملکرد دانه از ۲۵۷۲ به ۲۸٦۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. بالاترین راندمان مصرف آب مربوط به سطح ۷۵ درصد با ۱۷۹گرم در مترمکعب بود. در بین ارقام، بیشترین تولید دانه را چمپای ۱٦ با متوسط ۳۰۳۵ کیلوگرم در هکتار داشت.

کلید واژه‌ها: نیازآبیاری، رقم پرمحصول، رقم محلی و بهره‌وری آب.

مقدمه

کمبود آب یک محدودیت اساسی در توسعه زراعت برنج در برخی از مناطق دنیا محسوب می‌شود. تامین مقدار کافی آن یک امر ضروری برای افزایش تولید می‌باشد. به‌طوری که در قاره آسیا تولید برنج تحت آبیاری به‌دلیل توسعه عوامل صنعتی و مناطق روستایی و محدودیت منابع آب و زمین، به‌سرعت درحال کاهش است و در قاره آفریقا نیز هزینه مربوط به‌توسعه زیر ساخت‌های آبیاری مانع عمده‌ای برای افزایش تولید برنج از طریق آبیاری می‌باشد. لذا مدیریت آبیاری نامناسب نه تنها به عدم امنیت غذایی بلکه به مسائل و مشکلات محیطی مانند هدررفت بیش از حد آب، کاهش کیفیت آب، افزایش شوری و مانداب شدن منتهی می‌شود(Rosegrant et al., 2002). مقدار آب مصرفی در مزرعه و طی دوره رشد برنج، اغلب بیش از مقدار نیاز واقعی می‌باشد و استفاده بی رویه از آب اغلب منجر به افزایش رواناب سطحی، نفوذ افقی و عمودی در خاک می‌گردد که میزان آنمعادل ۵۰ تا ۸۰ درصد کل آب مصرفی می‌باشد(Guerra, 1998). تغییر در الگوی آبیاری مزارع برنج و استفاده از فن‌آوری‌های جدید مانند سیستم آبیاری تحت فشار جهت دست‌یابی به امنیت غذایی و تولید مناسب و پایدار و به حداقل رساندن بحران کمبود آب در آینده، یکی از روش‌های مدیریت آبیاری برنج در محیط‌های کم آب دنیا است. بر این اساس در پژوهشی واکنش ارقام برنج به روش آبیاری بارانی بررسی شد، نتایج نشان داد که این روش از طریق تاخیر در آزادسازی دانه گرده، رشد لوله‌های گرده و دیواره تخمدان، منجر به کاهش درصد دانه‌های رسیده و باروری خوشه

DOI: 10.22055/jise.2017.19659.1409

گردید. همچنین اعمال این روش با تناوب سه روز، با افزایش میزان عقیمی گلچه‌ها از ۴/۴ تا ۶/۵ درصد، باعث کاهش عملکردهفت درصد شد. بنابراین توصیه نمود از به‌کارگیری این روش در زمان گلدهی یا حداقل در طی زمان حداکثر گلدهی و هفت تا هشت روز پس از آن اجتناب گردد(Goto et al., 1974).طی یک آزمایش دوساله در شمال لوئیزیانای آمریکا عملکرد برنج در دو حالت آبیاری بارانی و غرقابی مقایسه شد. عملکرد دانه در آبیاری بارانی به‌ترتیب۶۲ و ۷۵ درصد غرقابی درسال‌های ۱۹۸۳ و ۱۹۸۴بود. همچنین مصرف آب در بارانی به میزان یک سوم تا یک دوم غرقابی کاهش یافت. (Westcott and Vines, 1986).برای مطالعه رشد برنج تحت آبیاری بارانی پژوهشی در یک خاک با زهکش آزاد انجام شد. در این بررسی هفت سطح آبیاری بارانی(از ۲۶ تا ۱۲۸ درصد تبخیر از تشتک) به همراه یک کرت آبیاری غرقابی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بازده مصرف آب برنج از ۳/۴ در آبیاری بارانی تا ۱/۸۵ کیلوگرم ماده خشک برای هر مترمکعب در آبیاری غرقابی متغیر بود(Blackwell et al., 1985). در پژوهشیرشد و عملکرد سه رقم برنج با زمان‌های متفاوت خوشه‌دهی، متاثر از آبیاری بارانی و سه زمان کاشت در جنوب شرقی کوینزلند بررسی شد. نتایج نشان داد در ابتدای تابستان با ۳۷۵ میلیمتر آب مصرفی عملکرد دانه برای هر سه رقم معادل ۶۰۰ گرم به ازای هر متر مکعب آببود اما کشت ارقام در تاریخ‌های بعدی منجر به افت شدید محصول شد(Fukai, 1988). در پژوهشی،عملکرد سه رقم برنج تحت آبیاری بارانی و غرقابیمقایسه شد. به‌دلیل کاهش تعداد و وزن دانه در خوشه، میزان محصول ارقام برنج تحت آبیاری بارانی کمتر بود. در سال‌های بدون بیماری مهم، این کاهش بسته به رقم از ۱۰ تا ۵۶ درصد متغیر بود. اما در یکی ازسال‌های آزمایش، بیماری بلاست باعث افت محصول درتمام ارقام شد، که این کاهش در آبیاری بارانی حدود۶۰ تا ۸۰ درصد بیشتر از روش غرقابی بود.در مطالعه‌ای ۱۲ رقم برنج درسه سطح آبیاری بارانی(۲۵، ۵۰و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق)،طی سه سال متوالیارزیابی شد. نتایج نشان دادآبیاری بارانی باعث کاهش مصرف آب و هزینه تولید گردید. اما در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد به‌دلیل کاهش تعداد خوشه در واحد سطح، عملکرد دانه ۲۰ درصد کمتر از غرقابی بود(McCauley, 1990). در پژوهشی در مورد استفاده از روش آبیاری بارانی در زراعت برنج و گندم در حوزه رودخانه ایندوس پاکستان،مشخص گردید به‌کارگیری این سیستم باعث افزایش ۱۸درصد در عملکرد دانه برنج شد، درحالی که آب مصرفی آن ۳۵ درصد کمتر از سیستم آبیاری سنتی بود. در گندم نیز بهره‌وری مصرف آب ۵/۲۱ و ۱/۳۸ کیلوگرم دانه در هر مترمکعب آب به‌ترتیبدر روش بارانی و سطحیگزارش گردید (Kahlown et al., 2007). مطالعه چهار تیمار آبیاری بارانی شامل ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل که به‌ترتیب ۷، ۶، ۵ و ۴ روز هفته برای هر رژیم در یک فصل بدون بارشبر روی دو رقم برنج در کشور نیجریه انجام شد.نتایج نشان داد که به تناسب کاهش آب در رژیم‌های آبیاری، مقدار عملکرد کاهش یافت، به‌نحوی که در سال اول عملکرد دانه به‌ترتیب برای رژیم‌های مزبور ۱۳۶۰، ۸۱۰، ۳۰۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. در مرحله رویشی به‌دلیل سیستم ریشه محدودتر، آب قابل استخراج کمتری از مراحل زایشی و رسیدگی داشت. به‌طور کلی رفتار گیاه در جذب آب بسته به مرحله رشد متفاوت بود. بیشترین جذب در وسط فصل و در مرحله رسیدگی بود که فعالیت‌های متابولیکی تشکیل دانه افزایش می یابد. بهره‌وری مصرف آب نیز از ۵/۲ در تیمار ۷ روزه تا ۴/۴ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب در چهار روزه کاهش داشت (Kahlown et al., 2007).

در استان خوزستان نیز به‌دلیل هم‌زمانی زراعت برنج با شروع فصل گرما و افزایش شدید دما و به تبع آن تبخیر و تعرق از یک طرف و مدیریت سنتی آبیاری (که ورود و خروج دائم آب از کرت‌ها به‌منظور کاهش دمای آب و ایجاد محیط خنک برای نمو گیاهاز مشخصه‌های آن است) از طرف دیگر، منجر به افزایش مقدار آب مصرفی در زراعت برنج می‌شود. با توجه به اینکه سطح زیر کشت برنج کاملاً وابسته به میزان آب قابل دسترس است، بهینه نمودن مصرف آب امری اجتناب‌ناپذیر است.در این راستا مطالعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار به‌عنوان یکی از راهکارها جهت کاهش میزان آب مصرفی و افزایش راندمان مصرف آن در زراعت برنج استان در برنامه تحقیقاتی قرار گرفت. اولین مطالعه مربوط به کشت برنج تحت آبیاری بارانی توسطGilaniو Rezaei(2001) در استان خوزستان اجراء گردید. در این بررسی تفاوتی بین آبیاری بارانی و غرقابی از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد درصورتی‌که مقدار مصرف آب در حالت بارانی یک سوم غرقابی بود. لذا به‌نظر می‌رسد درصورت شناخت رژیمی از آبیاری بارانی که دارای بهره‌وری مصرف آب مطلوبی باشد، می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف، از آب مازاد به منظور توسعه سطح زیر کشت سایر محصولات تابستانه یاگیاه برنج استفاده نموده، در نهایت کل تولید استان را افزایش داد. در این راستا بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری تحت روش بارانی از گزینه‌های مهم جهت شناخت راه‌های بهبود کارکرد این روش می‌باشد و این پژوهش برای تحقق این مهم طراحی و اجرا گردید.

موادوروش‌ها

این پژوهش با هدف مطالعه رژیم‌های آبیاری بارانی روی سه رقم پر محصول بدست آمده از سری آزمایش‌های ملی وبین‌المللی سال‌های گذشته (دانیال، گچساران۵و۷)به همراه سه رقم با کیفیت و رایج در استان (عنبوری قرمز، چمپا ۶ و چمپا ۱۶) در شرایط کشت مستقیم خشکه‌کاری(Drill-Seed) اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی شاوور واقع در ۷۰

کیلومتری جاده اهواز- اندیمشک و حد فاصل دو رودخانه کارون و کرخه با طول ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقهشرقی و عرض ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقهشمالی، ارتفاع متوسط از سطح دریا ۳۲ متر در دو سال زراعی اجرا شد. بافت خاک از نوع رسی سیلتی، pH خاک ۷/۷ و شوری خاک حدودسه دسی زیمنس بر متر و سایر ویژگی‌های خاک در جدول (۱) آمده است. شوری آب آبیاری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر و سایر نتایج تجزیه آب در جدول (۲) آمده است.

مزرعه دارای سیستم زهکشی زیرزمینی با لاترال‌های سفالی و فیلتر شنی است که جمع کننده‌های عمیق روباز زه‌آب مزرعه را به خارج از ایستگاه هدایت می‌کند. از طرفی چاهک‌های مشاهده‌ای هم در اطراف مزرعه نصب گردیده بود که در غالب اوقات سطح ایستابی زیر ۱/۵ متر بود.

رژیم آبیاری به‌عنوان عامل اصلیدر سه سطح (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد آب مورد نیاز گیاه) وعامل فرعی شامل ۶ رقم برنج در نظر گرفته شد. نقشه طرح در شکل (۱) آمده است.

بذرخشک ارقام برنج در بستری خشک به تعداد پنج تا شش بذردر هر کپه، به عمق سه تا چهار سانتی‌متر و به فواصل۲۰×۲۰ برای ارقام محلی و ۲۵×۲۵سانتی‌متر برای ارقام بین‌المللی و پرمحصول، در کرت‌های ۴×۲/۵ متر به‌صورت دستیکشت گردید. آبیاری مزرعه با طراحی و نصب شبکه‌ای از لوله‌های پلی‌اتیلنی (سیستم ثابت) و استفاده از آبپاش‌های تنظیم‌شونده VYR80 باشعاع پاشش ۱۱ متردر فشار کارکرد دو بار انجام شد.برای هر کرت چهار عدد آبپاش در چهار گوشه آن در نظر گرفته شد، اندازه‌گیری آب در کرت‌ها به‌وسیله کنتور حجمی انجام شد. آبیاری به‌صورت روزانه انجام می‌شد. بسته به نیاز روزانه، مدت آبیاری از حدود ۸ تا ۱۵ دقیقه متغیر بود. زمان آبیاری در مرحله رشد رویشی و قبل از ظهور خوشه‌ها پیش از ظهر و با شروع مرحله تلقیح گلچه‌ها در ساعات اولیه بعد از ظهر انجام می‌شد.

یکنواختی توزیع آب با رابطه کریستیانسن و سه بار در طی فصل اندازه‌گیری شد. در سال اول به‌ترتیب تقریبا ۸۳، ۶۹ و ۷۷ درصد برآورد گردید. در سال دوم به‌ترتیب۷۸ ، ۶۴ و ۷۱ بدست آمد.در کتاب نیاز آبی گیاهان زراعی، از داده‌های طولانی‌مدت و رابطه پنمن-مانتیث استفاده شده است. از جدول نیاز آبیاری برنج مربوط به منطقه شوش (نزدیکترین نقطه به محل اجرای پروژه) برای طراحی اولیه سیستم و برنامه‌ریزی مقدماتی استفاده شد. از اطلاعات تشتک تبخیر مستقر در جوار پروژه برای برنامه آبیاری استفاده شد. اطلاعات تشتک بصورت روزانه و بطور معمول در ایستگاه برداشت می‌گردد.کود ازته از منبع اوره با احتساب ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب برای ارقام محلی و پرمحصول، به‌صورت ۴۰ درصد پایه (۱۵ تا ۲۰ روز پس از کاشت و مرحله ۲ تا۳ برگی) و دو تقسیط ۳۰ درصدی در مراحل ابتدای ساقه رفتن و آبستنی (حدود۶۰-۵۵ روز و ۸۵-۸۰ روز پس از کاشت) مصرف شد. کود فسفره از منبع فسفات آمونیم به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود پتاس و روی از منبع سولفات و مقادیر ۱۰۰و ۴۰ کیلوگرم در هکتار، قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید.در طول دوره داشت به‌منظور کنترل علف‌های هرز در دو نوبت (۲۵-۲۰ روز پس از سبز شدن و۲۰-۱۵ روز بعد از اولین مرحله مبارزه) کرتها وجین شدند. برای استقرار سریع و یکنواخت بوته در داخل کرت‌ها و ایجاد محیطرطوبتی مناسب برای جوانه‌زنی و سبز شدن بذرها، ده روز اول پس از کاشت، کرت‌های آزمایشی بدون اعمال تیمارهای آبیاری، با احتساب ایجاد حد رطوبتی اشباع در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک، آبیاری شد. در این بررسی عملکرد دانه پس از حذف دو ردیف از حاشیه، با برداشت دو متر مربع از درون کرت و با رطوبت دانه ۱۴ درصد توزین گردید. تعداد پنجه و خوشه در واحد سطح، با شمارش تصادفی ۱۰ کپه از داخل کرت به‌ترتیب در پایان مرحله پنجه‌زنی (۵۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت) و در زمان برداشت تعیین شد. وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و درصد باروری با برداشت ۳۰ خوشه از اولین خوشه‌های علامت‌گذاری شده با روبان رنگی در زمان ظهور خوشه محاسبه گردید.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Physical and chemical properties of exprimental field soil

Soil depth (cm)	soil texture	EC (dS/m)	pH	organic carbon (%)	Phosphorus (ppm)	Potassium (ppm)	Cl^- (meq/lit)	Na^+ (meq/lit)	Ca^{2+} (meq/lit)	Mg^{2+} (meq/lit)
0-30	silty clay	2.9	7.7	0.88	8	254	10	12.5	14	11

جدول ۲ - خصوصیات آب آبیاری مزرعه آزمایشی

Table 2- Irrigation water properties of exprimental field

EC (dS/m)	pH	CO_3^{2-} (meq/lit)	HCO_3^- (meq/lit)	Cl^- (meq/lit)	Na^+ (meq/lit)	Ca^{2+} (meq/lit)	Mg^{2+} (meq/lit)
1.2	7.7	0.0	3.9	2.6	4.8	4	4.5

DOI: 10.22055/jise.2017.19659.1409

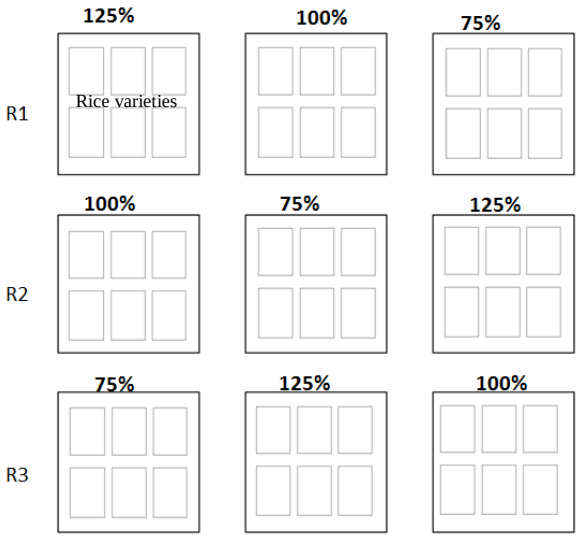

Fig. 1- Experimental field map

شکل ۱- نقشه محل آزمایش

همچنین بهره‌وری آب مصرفی از رابطه:

$$WP = \frac{Y}{I} \quad (۱)$$

که در آن WP شاخص بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب، Y عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار و I حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار می‌باشد. در نهایت اطلاعات با برنامه آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین‌ها به روش دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب نشان داد بین سال و اثر متقابل آن با رقم در سطح ۱ درصد و ارقام برنج در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین‌ها، بیشترین تولید دانه با متوسط ۳۱۶۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به سال دوم بود. در بین سطوح آبیاری بارانی (۷۵ و ۱۲۵ درصد) با افزایش حدود۹۱۱۲ مترمکعب مصرف آب در رژیم آبیاری ۱۲۵ درصد، عملکرد دانه به ۲۸۸ کیلوگرم در هکتار افزایش داشت. در مقایسه میانگین بین ارقام برنج، بیشترین عملکرد دانه را رقم چمپای۱۶ با متوسط ۳۰۳۵ کیلوگرم در هکتار داشت (جدول۴). اثر متقابل رقم و سال بیانگر آن است که تمامی ارقام در سال دوم از عملکرد بیشتری برخوردار بودند، بیشترین تولید دانه را ارقام گچساران پنج و هفت و سپس ارقام محلی عنبوری قرمز و چمپا ۱۶ داشت. به نظر می‌رسد استقرار سریع‌تر، سطح سبز بهتر و مصرف آب بیشتر در سال دوم نسبت به سال اول از دلایل برتری نسبی اجزای عملکرد در سال دوم باشد (جدول۵).

تعداد پنجه در متر مربع

با توجه به تجزیه مرکب، اثر سال در سطح ۵ درصدمعنی‌دار بود اما ارقام، اثر متقابل سال و رقم و اثر همزمان سه عامل در سطح ۱ درصداختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد تعداد پنجه با متوسط ۴۱۶ در مترمربع، در سال اول بیشتر بود با در نظر گرفتن برتری عملکرد دانه در سال دوم می‌توان گفت که تعداد بیشتر پنجه یکی از دلایل افزایش تولید باشد. در بین سطوح آبیاری تعداد پنجه کاملاً مستقل از مقادیر آب مصرفی بود به‌طوری‌که هر سه میانگین در کلاس مشابه قرار گرفتند. مقایسه میانگین ارقام مشخص نمود که بیشترین تعداد مربوط به چمپای شش با۴۳۱پنجه در متر مربع بود. به نظر می‌رسد تبخیر بیشتر و تخلیه سریع‌تر آب از سطح خاک در سایه انداز ارقام پرمحصول به‌دلیل فواصل بیشتر بین کپه‌ها و سایه اندازی کمتر ناشی از سطح برگ پایین و حفظ بهتر رطوبت خاک متأثر از طول بوته و شاخص سطح برگ بیشتر در ارقام محلی منجر به این نتیجه‌گیری شد. در اثر متقابل سال و رقم، تمامی ارقام در سال اول تعداد پنجه بیشتری داشتند. اما در سال دوم با شدت متفاوت در ارقام کاهش یافت. به طوری که بیشترین تعداد پنجه مربوط به ارقام دانیال، گچساران و چمپای شش بود (جدول۵).

جدول ۳- خلاصه تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دانه در آزمایش

Table 3- Summary of the compound analysis of yield and grain yield components in the experiment

Sources of Variation	Degrees of Freedom	Grain Yield	Tillage Number	Panicle Number	Seed Per Panicle	Panicle Fertility Percentage	1000-Grain Weight
Year	1	22185227.78**	134690.704*	107541.333**	15.565	480.068*	3.696
Replication	4	391041.315	21857.676	14213.222	37.935	10.176	1.41
Irrigation	2	748310.704	4570.343	82312.75**	368.444	138.747	7.088*
Year×Irrigation	2	46698.481	5477.120	67513.694**	42.704	84.181	6.516*
Error (a)	8	1065668.579	16403.745	7540.111	323.769	58.955	0.846
Variety	5	692102.098*	13385.17**	3656.556	781.306**	475.36**	21.501**
Year×Variety	5	1749606.32**	25498.881**	17755.822**	2813.943**	837.693**	16.802**
Irrigation×Variety	10	225324.681	3044.476	3366.906	134.667	53.937	0.885
Year×Irrigation×Variety	10	286170.681	7383.765**	3311.450	201.548	46.024	0.496
Error (b)	60	274101.169	2703.744	2320.193	123.746	40.52	0.447
Variation Coefficient (%)		19.31	13.64	21.42	13.11	9.34	3.43

جدول٤- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه مربوط به اثر عوامل آزمایش

Table 4- Comparison of means for the yield and grain yield components related to the effect of the experimental factors

Experiment Factor	Grain Yield (kg/ha)	Tillage Number Per m^2	Panicle Number Per m^2	Seed Per Panicle	Panicle Fertility (%)	1000-Grain Weight (gr)
Year						
1st Year	2257.7 b	416 a	180 b	85 a	66.04 ab	19.31 a
2nd Year	3146.1 a	363 ab	268 a	84 a	70.26 a	19.68 a
Irrigation						
75% Irr. Req.	2572 a	384 a	170 b	81 a	65.94 a	19 b
100% Irr. Req.	2700 a	391 a	244 a	86 a	68.79 a	19.61 a
125% Irr. Req.	2860 a	369 a	260 a	87 a	69.71 a	19.86 a
Variety						
Danial	2601 b	376 b	237 a	84 ab	68.83 ab	20.46 a
Gachsaran 5	2872 ab	378 b	220 ab	91 a	72.99 a	18.94 b
Gachsaran 7	2603 b	352 b	199 a	87 a	70.89 ab	20.45 a
AnbouriGhermez	2548 b	362 b	226 ab	76 c	58.41 c	18.94 b
Champa 6	2608 b	431 a	238 a	78 bc	70.42 ab	20.33 a
Champa 16	3035 a	387 b	229 ab	92 a	67.36 b	17.82 c

 DOI: 10.22055/jise.2017.19659.1409

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه مربوط به اثر متقابل سال با عوامل آزمایش

Table 5- Comparison of means for the yield and grain yield components related to the interaction of the year with the factors of experimentation

Experiment Factor		Grain Yield (kg/ha)	Tillage Number Per m^2	Panicle Number Per m^2	Seed Per Panicle	Panicle Fertility (%)	1000-Grain Weight (gr)
Year	Irrigation						
1st Year	75%	2160 c	434 a	153 b	81 ab	62.1 b	18.46 c
	100%	2235 c	421 a	195 b	88 a	67.34 ab	19.31 b
	125%	2379 bc	395 a	192 b	87 a	68.69 a	20.15 a
2nd Year	75%	2985 a-c	335 a	188 b	82 ab	69.8 a	19.54 ab
	100%	3166 ab	360 a	292 a	85 a	70.25 a	19.91 ab
	125%	3341 a	342 a	324 a	87 a	70.27 a	19.58 ab
	Variety						
1st Year	Danial	2361 d	458 a	150 f	80 cd	68.5 a-c	20.69 ab
	Gachsaran 5	2354 d	438 a	166 ef	89 bc	72.43 ab	16.96 c
	Gachsaran 7	1791 e	384 b	180 ef	86 b-d	68.67 a-c	20.21 bc
	AnbouriGhermez	1724 e	347 bc	168 ef	56 e	43.27 d	18.62 e
	Champa 6	2478 d	486 a	205 e	91 bc	75.33 a	20.97 a
	Champa 16	2839 b-d	386 b	215 d	108 a	68.04 bc	18.38 e
2nd Year	Danial	2841 cd	295 c	323 a	89 bc	69.16 a-c	20.22 bc
	Gachsaran 5	3390 a	318 c	286 b	93 b	73.56 ab	20.92 a
	Gachsaran 7	3414 a	320 c	229 b-d	88 bc	73.11 ab	20.96 ab
	AnbouriGhermez	3371 ab	378 b	274 b	95 b	73.56 ab	19.26 d
	Champa 6	2737 cd	375 b	269 bc	65 e	65.50 c	19.69 cd
	Champa 16	3232 a-c	389 b	228 b-d	77 d	66.67 bc	17.26 f

تعداد خوشه در واحد سطح

تولید تعداد پنجه مؤثر یا بارور (تولیدکننده خوشه) مناسب از کل پنجه موجود در واحد سطح یکی از عوامل مهم دست‌یابی به حد مطلوب عملکرد دانه می‌باشد. در این بررسی مشخص شد بین سال، رژیم های آبیاری بارانی، اثر متقابل سال و رژیم آبیاری و سال و رقم در سطح یک درصداختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول۴). بیشترین تعداد خوشه مربوط به سال دوم با میانگین ۲۶۸ خوشه در واحد سطح بود، در حالی که تعداد پنجه خیلی کمتری از سال اول داشت. از طرفی در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب۴۳ و ۷۷ درصد پنجه‌ها، بارور و تولید خوشه نمودند. لذا به نظر می‌رسد توازن و تعادل مناسب‌تر بین تعداد پنجه و خوشه‌های تولید شده و برخورداری از تعداد خوشه بیشتر به‌عنوان یکی از اجزای مهم عملکردی از دلایل عمده‌ی تولید دانه بالاتر در سال دوم می‌باشد. نتایج با گزارشKahlown et al (2007) در خصوص عملکرد دانه کمتر ناشی از کاهش تعداد خوشه همخوانی داشت. در بین سطوح آبیاری بارانی، با بهبود شرایط رطوبتی و افزایش آب مصرفی، تعداد خوشه نیز روندی صعودی داشت. به‌طوری که بیشترین تعداد مربوط به سطوح ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد بود. با توجه به فرآیند شکل‌گیری و رشد اجزای مختلف خوشه در طی مرحله زایشی و افزایش سریع شاخص سطح برگ و میزان تعرق از جامعه گیاهی و نیاز آبی و حساسیت بالای این مرحله به کمبود آب، دست‌یابی به نتیجه حاصله کاملاً منطقی است. در اثر متقابل سال و رژیم‌های آبیاری، بیشترین تعداد مربوط به سطوح ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد در سال دوم بود. در اثر هم‌زمان سال و رقم، تمامی ارقام در سال دوم تعداد خوشه بیشتری داشتند و بالاترین تعداد مربوط به رقم دانیال با متوسط ۳۱۷ خوشه در واحد سطح بود.

تعداد دانه در خوشه

با توجه به نتایج، تفاوت بین ارقام و اثر متقابل سال و رقم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). تعداد دانه در خوشه صرف‌نظر از تفاوت بین ارقام از نظر طول خوشه و تعداد انشعابات اولیه و ثانویه و در نهایت تعداد و درصد گلچه‌های بارور در خوشه، کاملاً متأثر از رابطه فیزیولوژیکی بین منبع (سطح فتوسنتزکننده) با ظرفیت مخزن در واحد سطح (تعداد خوشه در واحد سطح × تعداد گلچه پر یا دانه در خوشه و گنجایش دانه) می‌باشد، لذا می‌توان گفت نتیجه مزبور مربوط به تفاوت ژنتیکی، فیزیولوژیکی و مرفولوژیک ارقام برنج است (جدول ۵). در اثر متقابل سال و رقم بیشترین تعداد دانه در خوشه مربوط به رقم چمپای ۱۶ در سال اول و کمترین آن در هر دو سال مربوط به رقم عنبوری قرمز بود. از طرفی این نتیجه بیانگر ثبات نسبتاً زیاد ارقام پرمحصول در تعداد دانه در خوشه می‌باشد. در حالی که در ارقام محلی شدت تغییرات و نوسان در تعداد دانه در خوشه بسیار بالا بود به‌طوری‌که رقم چمپای ۱۶ در سال دوم ۷۷ دانه در هر خوشه داشت که در مقایسه با سال اول، ۲۹ درصد کمتر بود. به نظر می‌رسد حساسیت زیاد این رقم به گرما و ظهور زودتر خوشه‌ها در سال دوم و

مواجهه آن‌ها با دمای بالاتر محیط، علی‌رغم مصرف آب بیشتر در سال دوم، از دلایل این نتیجه‌گیری باشد. در بین سطوح آبیاری بارانی، گرچه تعداد دانه در خوشه از ۷۵ به ۱۲۵ درصد روندی افزایشی داشت اما میانگین‌ها در یک کلاس قرار گرفتند. با توجه به‌اینکه تعداد دانه در خوشه به‌طور بالفعل در طی دوره رسیدگی شکل می‌گیرد می‌توان گفت که علی‌رغم اهمیت حفظ پتانسیل آب در خاک و اندام‌های هوایی گیاه به‌خصوص برگ، نقش خنک‌کنندگی آبیاری بارانی در سطح سایه‌انداز و کاهش تعرق و حفظ آماس سلولی از علل نتیجه مزبور باشند.

درصد باروری خوشه

میزان باروری خوشه یا سهم نسبی تعداد دانه پر از کل گلچه موجود در هر خوشه یکی از عوامل مهم و تعیین‌کننده سازگاری ارقام به شرایط محیطی و مدیریتی در هر منطقه می‌باشد. نتایج این مطالعه نیز نشان داد تفاوت در میان سال در سطح ۵ درصد و بین ارقام برنج و اثر متقابل سال و رقم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۳). سال دوم به‌طور نسبی میزان باروری بیشتری داشت. به نظر می‌رسد مدیریت بهتر در مصرف آب از جهت توزیع زمانی و برخورداری از جامعه گیاهی قوی‌تر از دلایل این نتیجه‌گیری باشند. نتیجه با گزارش Goto et al (1974)مبنی بر درصد باروری و تعداد گلچه‌های پر کمتر در شرایط آبیاری بارانی، مطابقت داشت. در میان ارقام، بیشترین و کمترین میزان باروری خوشه به‌ترتیب مربوط به گچساران پنج و عنبوری‌قرمز بود. به نظر می‌رسد علاوه بر تفاوت در ساختار خوشه و گلچه‌های ارقام برنج، وجود برگ‌های کوچکتر و ضخیم‌تر و به‌تبع سطح تعرق کمتر و داشتن ارتفاع بوته پایین‌تر و نزدیکی خوشه‌ها به سطح مرطوب خاک و بهره‌گیری بیشتر آن‌ها از تبخیر رطوبتی خاک و محیط خنک‌تر در داخل سایه‌انداز منجر به این نتیجه گردید (جدول ۴). در اثر متقابل سال و رقم، علی‌رغم مصرف بیشتر آب در سال دوم اما واکنش نسبی ارقام پرمحصول به این تغییر رطوبتی به مراتب کمتر از ارقام محلی بود. به‌طوری که رقم عنبوری قرمز با کمترین میزان باروری در سال اول، بیشترین میزان باروری خوشه را در سال دوم داشت. با توجه به اثرات رقابتی خوشه بر روی میزان باروری گلچه‌ها، کاهش شدید تعداد خوشه در واحد سطح، یکی از دلایل درصد بالای باروی می‌باشد (جدول۵).

وزن هزار دانه

وزن دانه اگرچه یکی از مؤلفه‌های عملکرد محسوب می‌شود، اما مقدار آن به خصوصیات ارقام برنج و شرایط رطوبتی در دوره رسیدگی بستگی دارد. در این بررسی مشخص شد بین رژیم‌های آبیاری بارانی و اثر متقابل آن با سال در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، اما در میان ارقام و اثر متقابل آن با سال در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن دانه متعلق به سطوح ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد بود (جدول ۴). در اثر متقابل سال و رژیم‌های آبیاری بارانی، تفاوت بین سطوح آبیاری در سال اول بسیار قابل توجه بود به‌طوری که بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را سطوح ۷۵ و ۱۲۵ درصد داشتند. با توجه به اینکه اندازه بذر برنج کاملاً متأثر از اندازه پوسته‌ای می‌باشد که آن را احاطه کرده است لذا می‌توان گفت تولید پوسته‌های بذر کوچکتر در ۱۵-۱۰ روز قبل از ظهور خوشه در رژیم آبیاری ۷۵ درصد به‌دلیل میزان آب قابل دسترس کمتر نسبت به رژیم آبیاری ۱۲۵ درصد و ایجاد ظرفیت محدودتر برای انباشت ماده خشک در دانه، صرف‌نظر از شرایط محیطی در طی دوره رسیدگی، منجر به این نتیجه‌گیری گردید (جدول ۵). در میان ارقام برنج، بیشترین مقدار مربوط به ارقام پرمحصول دانیال و گچساران هفت و رقم محلی چمپا شش بوده است و کمترین وزن دانه را چمپا ۱۶ با متوسط ۱۷/۸۲ گرم داشت. در اثر متقابل سال و رقم، بیشترین وزن دانه را چمپا شش در سال اول و گچساران در سال دوم داشتند. در حالی که کمترین میزان مربوط به رقم چمپا ۱۶ در سال دوم و گچساران پنج در سال اول بود (جدول ۵).

بهره‌وری مصرف آب

مقدار عملکرد دانه به‌ازای واحد آب مصرفی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی و تعیین راهکارهای مدیریت در بخش کشاورزی است. مقدار آب مصرفی درسطوح آبیاری ۱۲۵، ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی در سال اول معادل ۱۸، ۱۴/۴ و ۱۱/۵ و در سال دوم این مقادیر به‌ترتیب ۲۸/۹، ۲۲/۸ و ۱۷/۲ هزار مترمکعب در هکتار بود. در هر دو سال بیشترین بهره‌وری مصرف آب مربوط به رژیم ۷۵ درصد و کمترین آن مربوط به رژیم ۱۲۵ درصد نیاز آبی بود. بهره‌وریمصرف آب در سطوح ۱۲۵ و۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی در سال اول به ترتیب ۱۳۲ و ۱۵۵ و ۱۸۸ گرم دانه به ازای هر مترمکعب آب مصرفی بدست آمد(جدول۶). نتایج با گزارش‌هایMcCauley (1990) وKahlown et al (2007) مبنی بر کاهش آب مصرفی نسبت به روش‌های سنتی و بهبود در بهره‌وریمصرف آب مطابقت داشت. تغییرات عملکرد دانه به ازای آب مصرفی در شکل (۲) آمده است. شیب افزایش عملکرد متناسب با افزایش آب مصرفی در هر دو سال تقریبا مشابه و برای سال اول و دوم به‌ترتیب ۰/۰۳۳ و ۰/۰۳ کیلوگرم به ازای مترمکعب آب مصرفی بود. در هر دو سال عملکرد و آب مصرفی رابطه خطی با R^2 حدود ۹۹ درصد داشتند. اما عرض از مبدا در سال دوم به مراتب بیشتر از سال اول و به‌ترتیب معادل ۱۷۶۱ و ۲۴۶۸ کیلوگرم در هکتار بود. در سال اول به‌دلیل عملکرد پایه کمتر(۱۷۶۱ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سال دوم(۲۴۶۸ کیلوگرم در هکتار) شیب افزایش تولید دانه به ازای افزایش هر واحد آب بالاتر بوده است. با وجود یکسان بودن دیگر مدیریت‌های زراعی در دو سال، می‌توان گفت تفاوت در بهره‌وری آب مبین حساسیت بیشتر اکوسیستم زراعی مزبور به تغییر در مقادیر آب در سامانه آبیاری بارانی است.

DOI: 10.22055/jise.2017.19659.1409

جدول٦-میزان آب مصرفی ، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب

Table 6-water consumption, grain yield and water productivity

Year	Irrigation Regime	Water Consumption (m^3/ha)	Grain Yield (kg/ha)	Water Productivity (kg/m^3)
1st	75%	11500	2160	0.188
	100%	14400	2235	0.155
	125%	18000	2379	0.132
2nd	75%	17179	2985	0.174
	100%	22760	3166	0.139
	125%	28904	3341	0.116

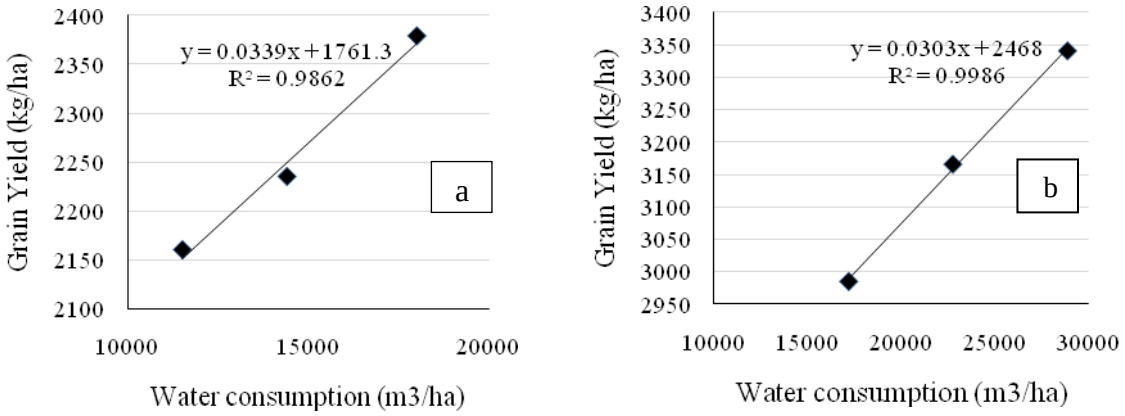

Fig 2- (a) Changes of the grain yield to water consumption in first year, (b) Changes of the grain yield to water consumption in second year

شکل ۲- (a): روند واکنش عملکرد دانه به ازای آب مصرفی در سال اول. (b): روند واکنش عملکرد دانه به ازای آب مصرفی در سال دوم

تغییرات عملکرد دانه نشان داد متناسب با افزایش آب ، میزان تولید دانه در این محدوده رژیم‌های آبیاری مورد آزمون روند خطی و صعودی داشته است.

نتیجه‌گیری

تفاوت واکنش عملکردی ارقام نسبت به سیستم آبیاری بارانی زیاد بود. در صورت استفاده از این سیستم، آبیاری رقم‌های محلی نسبت به ارقام جدید و پرمحصول دارای اولویت بالاتری هستند. شیب افزایش عملکرد متناسب با افزایش آب مصرفی مبین حساسیت بیشتر مزرعه به تغییر در مقادیر آب در سامانه آبیاری بارانی است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از زحمات و همکاری صمیمانه کارکنان ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور به‌ویژه آقای عامر الوانی سپاسگزاری می‌نماید

References

1- Blackwell, J., Meyer, W. and Smith, R. C.G., 1985. Growth and yield of rice under sprinkler irrigation on a free-draining soil. *Australian journal of experimental agriculture*, 25(3), pp.636-641.

2- Fukai, S. and Inthapan, P. 1988. Growth and yield of rice cultivars under sprinkler irrigation in south-easternQueensland. 1. Effects of sowing time. *Journal of Experimental Agriculture*, 28**,** 237-242.

3- Gilani, A. and Rezaei, M. 2001.Comparison of Sprinkler and Flood Irrigation Application for Rice Direct Seeding Cultivation in Khuzestan. *Agricultural Research,Education and Extension Organization (AREEO)*. Final report.(in persian).

4- Goto, Y., Ando, T. & Nakagawa, K., .1974. The influence of sprinkler irrigation on flowering and fertilization of paddy rice cultivated in upland field. *Bulletin of the Tokai Kinki National Agricultural Experiment Station*.

5- Guerra, L. C. 1998. Producing more rice with less water from irrigated systems.(vol. 5). *IWMI.*

6- Kahlown, M. A., Raoof, A., Zubair, M. & Kemper, W. D., 2007. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. *Agricultural water management*, 87(3), pp.292-298

7- McCauley, G. N., 1990. Sprinkler vs. flood irrigation in traditional rice production regions of southeast Texas. *Agronomy Journal*, 82(4), pp.677-683.

8- Rosegrant, M. W., Cai, X. and Cline, S. A., 2002. Water and food to 2025: policy responses to the threat of scarcity (No. 594-2016-39937).

9- Westcott, M. P. and Vines, K.W., 1986. A Comparison Of Sprinkler And Flood Irrigation For Rice 1. *Agronomy Journal*, 78(4), pp.637-640.