Effect of Mole Drainage and Intermittent Irrigation on Yield and Water Productivity of Rice in Rasht Region

Mohammad Hassan Biglouei[1*], Zahra Talebi Abatari[2], Maryam Navabian[3], Gholamreza Mohseabadi[4]

1.* Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
biglou@Guilan.ac.ir
2.Senior Student of Water Engineering Department, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
Mahvatalebi76@gmail.com
3. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran
navabian@guilan.ac.ir
4. Associate Professor, Department of Agriculture and plant breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
mohsenabadi@guilan.ac.ir

10.22125/iwe.2025.471010.1820

Received:
August 1, 2024
Accepted:
January 30, 2025
Available online:
April 25, 2025

Keywords:
Dry matter, Harvest index, Hashemi variety rice, Paddy field drainage, Permanent flood irrigation

Abstract

To compare the conventional permanent flood irrigation regime with the intermittent irrigation regime utilizing mole drainage in Hashemi variety rice fields, a factorial experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications during the 2020-2021 crop year at the Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan. The experimental factors included three levels of drainage treatments (D0: no drainage, D1: mole drainage without gravel, and D2: mole drainage with gravel) and two irrigation regimens (I1: permanent flooding until the end of the growth period and I2: intermittent irrigation starting after the tillering stage with a 5-day irrigation interval until the end of the growth period). The results showed that the highest grain yield was achieved under the I1 irrigation regime, with a yield of 7601.4 kg/ha, while the I2 regime yielded 6655.0 kg/ha, indicating a 12.45% decrease in grain yield for I2 despite a 22% reduction in water consumption. Additionally, interaction effects revealed that the highest dry matter yield of 18849.0 kg/ha and water productivity based on dry matter of 1.57 kg/m³ were observed in treatments D1×I1 and D1×I2, respectively. Therefore, for optimal grain yield and dry matter production under conditions without water limitation, the D1×I1 treatment is recommended, while in scenarios with water limitations, the D1×I2 treatment is suggested for achieving higher water productivity indices based on both grain yield and dry matter, providing viable options for rice cultivation in the Rasht region.

Corresponding Author: Mohammad Hassan Biglouei
Address: Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
Email: biglou@Guilan.ac.ir
Tel: 01333690282

1. Introduction

The depletion of water resources and the low efficiency of irrigation in rice fields, along with a growing population and increasing demand for rice and related products, necessitate fundamental measures for sustainable rice cultivation and enhanced production. To address these challenges, integrating irrigation with controlled drainage is a promising solution that considers climatic conditions, water resources, and economic factors. Yupu et al. (2019) conducted an experiment demonstrating that the integration of irrigation and controlled drainage systems effectively manages water, reducing nitrogen losses through underground drainage and ammonia volatilization following fertilization in paddy fields. Given these considerations, it is crucial to reassess traditional water consumption methods in paddy fields with existing underground drainage and explore new solutions. Therefore, an experiment was conducted to compare the interaction effects of various irrigation regimes and mole drainage on rice yield, water consumption, and water productivity.

2.Materials and Methods

To compare the traditional permanent flood irrigation regime with an intermittent irrigation regime using mole drainage in Hashemi variety rice fields, a factorial experiment was designed as a randomized complete block design with three replications at the Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, during the 2020-2021 crop year. The experimental factors included three levels of drainage (D0: no drainage; D1: mole drainage without gravel; D2: mole drainage with gravel) and two irrigation regimens (I1: permanent flooding until the end of the growth period; I2: intermittent irrigation after the tillering stage with a 5-day interval until harvest). The plots were established by blocking the desired land, followed by creating mole drains using a specialized blade (Tuohy et al., 2016; Polat and Bilgili, 2023). Polica pipes were installed at the end of each mole tunnel to facilitate drainage, connecting to a sub-pipe collection system leading to a main surface drain. The experiment consisted of 18 plots measuring 9x6 meters each, with a spacing of 1.5 meters between plots and two meters between replications; plants were spaced 20 cm apart. Irrigation water was measured using a water meter (accuracy: 0.1 liters) installed in the water transfer system post-pump. Nitrogen fertilizer was applied at a rate of 180 kg/ha using urea, and Butachlor was utilized as a herbicide. Upon reaching the harvesting stage on August 28, one square meter (25 plants) from each plot was selected for yield determination, harvested manually using the floor-picking method. Grain yield (paddy), grain-based water productivity index, and harvest index were calculated by drying plants outdoors until stable weight was achieved, separating straw and stubble with a paddy thresher before weighing on a digital scale (accuracy: 0.1 grams). Moisture content was measured using a hygrometer to calculate grain yield based on 6% moisture content. Additionally, dry matter yield and physical water productivity based on dry matter were assessed by drying straw, stubble, and paddy from each treatment at 70 degrees Celsius in a ventilated oven before weighing. Statistical analyses were performed using SAS software (version 9.4), with mean comparisons conducted via the minimum significant difference test at the 5% probability level; Excel software was employed for graphing.

3.Results

The average data comparison revealed that the highest grain yield was achieved under the I1 irrigation regime at 7601.4 kg/ha, while the lowest yield of 6655.0 kg/ha occurred under I2, indicating a decrease of 12.45% in grain yield alongside a 22% reduction in water consumption. Furthermore, interaction effects indicated that the highest dry matter yield (18849.0 kg/ha) and physical water productivity based on dry matter (1.57 kg/m^3) were observed in treatments D1×I1 and D1×I2 respectively. The results of analysis of variance of the data showed that the effect of drainage system, irrigation regime and their interaction on economic water productivity based on net profit from grain was not significant. Therefore, despite the fact that the mole drainage treatments had an initial cost compared to the non-drained treatment, there was no

significant difference in terms of economic water productivity based on net grain yield. The results of comparing the mean data showed that the highest harvest index with 50.72 percent was obtained in the non-drained treatment with intermittent irrigation regime, which was significantly different from the other treatments

4. Discussion and Conclusion

In this study, although grain yield in the intermittent irrigation treatment was lower than that in the permanent flooding irrigation treatment, the percentage of water saving was greater than the percentage of yield reduction. Probably, the application of intermittent irrigation regime after the tillering stage prevented the transfer of nutrients to the plant and reduced photosynthesis, which resulted in a decrease in grain yield. The results of the present research are consistent with the research results of Sedaghat et al. (2013) based on that the yield of rice grains in the intermittent irrigation regime was lower than in the permanent flood irrigation regime (Arif et al., 2024). Also, comparing the average data showed that the highest harvest index was obtained in the treatment without drainage with intermittent irrigation regime, which had a significant difference with the other treatments. Mahdavi et al. (2005) concluded in a study that cultivars with a high harvest index allocated a greater amount of dry matter to seeds. In other words, by distributing more photosynthetic materials to the reservoirs, a large portion of the dry matter was allocated to the economic yield of the seeds, which led to an increase in the harvest index. Therefore, for more grain yield and dry matter in conditions of no water limitation, D1×I1 treatment and in water limitation conditions, for higher water productivity indices based on grain yield and dry matter, D1×I2 treatment can be used as introduced suitable options in Rasht region.

5.Six important references

1) Arif, C., S. K. Saptomo, B I. Setiawan, M. Taufik, W. B. Suwarno, B. D. Apri Nugroho and M. Mizoguchi. 2024. Water saving rice cultivation using sheet-pipe subsurface irrigation. Heliyon, 10. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30799

2) Mahdavi, F., M. A. Esmaili, A. Fallah, and H. Pirdashti. 2005. Study of morphological characteristics, physiological indices, yield and grain yield components in native and improved rice cultivars (Oryza sativa L.). Iranian Journal of Agricultural Sciences, 17(4): 298-280

3)Polat, M.Y. and M. E. Bilgili. 2023. A brief overview to give a new perspective on mole drainage. Int J. Agric Sc. Food Technol, 9(2): 016-020.

4)Sedaghat, N., H. Pirdashti, R.Asadi, and S.Y. Mousavi Taghani. 2014. Effect of irrigation methods on water productivity in rice. Journal of water research in agriculture, 28(1): 1-9.

5)Tuohy, P., J. Humphreys, N.M. Holden and O. Fenton. 2016. Runoff and subsurface drain response from mole and gravel mole drainage across episodic rainfall events. Agric. Water Managenent, 169, 129–139.

6)Yupu, H., Z. Jianyuna, Y. Shihong, H. Dalin, and X. Junzeng. 2019. Effect of controlled drainage on nitrogen losses from controlled irrigation paddy fields through subsurface drainage and ammonia volatilization after fertilization. Agricultural Water Management, 221, 231-237.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We would like to thank Saman Abraha Company for bearing the material costs and providing moral support in conducting this research

*

اثر زه‌کشی لانه موشی و آبیاری تناوبی بر عملکرد و شاخص های بهره‌وری آب برنج درمنطقه رشت

محمد حسن بیگلوئ[1*]، زهرا طالبی اباتری[2]، مریم نوابیان[3]، غلامرضا محسن آبادی[4]

تاریخ ارسال:۱۴۰۳/۰۵/۱۱
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۱۱/۱۰

مقاله پژوهشی

چکیده

به‌منظور مقایسه رژیم آبیاری غرقاب دائم (آبیاری معمول) با رژیم آبیاری تناوبی در شرایط وجود زه‌کشی لانه‌موشی در مزرعه برنج رقم هاشمی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به‌مرحله اجرا گذاشته شد. فاکتورها شامل: زه‌کشی در سه سطح (بدون زه‌کشی، زه‌کشی لانه موشی بدون گراول و زه‌کشی لانه موشی با گراول) به ترتیب D0، D1 و D2 و رژیم های آبیاری در دو سطح (غرقابی دائم تا پایان دوره رشد و آبیاری متناوب پس از مرحله پنجه زنی با دور آبیاری ۵ روز تا پایان دوره رشد) به ترتیب I1 و I2. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با ۷۶۰۱/۴ کیلوگرم بر هکتار در رژیم آبیاری I1 و کمترین آن با ۶۶۵۵/۰ کیلوگرم بر هکتار در رژیم آبیاری I2 به‌دست آمد که حاکی از کاهش ۱۲/۴۵ درصد عملکرد دانه در برابر ۲۲ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب بود. همچنین، نتایج اثر متقابل مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد ماده خشک با ۱۸۸۴۹/۰ کیلوگرم بر هکتار و بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر ماده خشک با ۱/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب به‌ترتیب در تیمارهای D1×I1 و D1×I2 به‌دست آمد. بنابراین، برای عملکرد دانه و ماده خشک بیشتر در شرایط عدم محدودیت آب تیمار D1×I1 و در شرایط محدودیت آب برای شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه و ماده خشک بالاتر می‌توان تیمار D1×I2 را به‌عنوان گزینه‌های مناسب در منطقه رشت معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری غرقاب دائم، برنج رقم هاشمی، شاخص برداشت، زه‌کشی شالیزار، ماده خشک

[1]. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران biglou@guilan.ac.ir
[2]. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران Mahvatalebi75@gmail.com
[3]. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران و عضو وابسته پژوهشی گروه مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر دانشگاه گیلان، رشت، ایران navabian@guilan.ac.ir
[4]. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران mohsenabadi@guilan.ac.ir

مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان و بحران جهانی آب یکی از مسائل مهم مؤثر بر سطح زیر کشت و مقدار تولید آن می‌باشد. بومان و همکاران (Bouman et al., 2005) بر پایه مطالعات آژانس آفریکار (Africare Oxfam America, 2010) بیان کردند که حدود دو درصد کل آب موجود کره‌ی زمین را آب شیرین تشکیل می‌دهد؛ که از این مقدار حدود ۷۰ درصد در بخش کشاورزی و ۲۵ تا ۳۰ درصد آن در تولید برنج به مصرف می‌رسد. حدود ۷۵ درصد از تولید برنج دنیا از ۷۹ میلیون هکتار اراضی پست تحت آبیاری به‌دست می‌آید و برآورد شده است که این اراضی بین ۳۴ تا ۴۳ درصد از آب آبیاری یا ۲۴ تا ۳۰ درصد از کل آب شیرین دنیا را مصرف می‌کنند (Bouman, 2007). از آنجایی که جمعیت جهان همچنان در حال افزایش است و تغییرات آب و هوایی چالش‌های بی‌سابقه‌ای را برای کشاورزی ایجاد می‌کند (Gomez-Zavaglia et al., 2020; Arora, 2019)، با ادامه تغییر آب و هوا و در نتیجه کمبود آب آبیاری، تولید برنج یک چالش بزرگ در جهان خواهد بود (Piao et al., 2010) و مدیریت کارآمد و پایدار آب در تولید برنج به طور فزاینده‌ای حیاتی می‌شود (Li et al., 2020). بنابراین لازم است توجه ویژه‌ای به نحوهٔ بکارگیری این منابع و برنامه‌ریزی دقیق برای استفاده بهینه از منابع موجود ولی محدود برای کشت پایدار صورت گیرد. کمبود منابع آبی و پایین بودن راندمان آبیاری در مزارع برنج، لزوم استفاده بهینه و افزایش بهره‌وری آب از منابع موجود را می‌طلبد (سعادتی، ۱۳۷۷). با توجه به افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به برنج و سایر فرآورده‌های مربوط به آن، برای حفظ تعادل بین جمعیت و تولید محصول، لازم است اقدامات اساسی در جهت زراعت برنج، با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی، منابع آب و جنبه‌های اقتصادی صورت پذیرد که از جمله این اقدامات می‌توان به برآورد صحیح نیاز آبیاری اشاره کرد. برنج بعد از گندم در رده دوم عرضه و تقاضا می‌باشد و جزء گیاهان قدیمی کشت شده در جهان محسوب می‌شود. حدوداً ۹۰ درصد از ۱۶۷ میلیون هکتار اراضی شالیزاری دنیا در قاره آسیاست (Watanabe, 2018 و ۷۵ درصد از کل برنج تولیدشده در آن از اراضی پست شالیزاری به‌دست می‌آید (Dawe, 2005). میزان تولید برنج دنیا از حدود ۱۶۷ میلیون هکتار اراضی تحت کشت برنج در سال ۲۰۱۸ حدود ۷۸۲ میلیون تن بوده است. در این میان، قاره آسیا با تولید حدود ۷۰۵ میلیون تن برنج از حدود ۱۴۶ میلیون هکتار اراضی تحت کشت برنج، بیش از ۹۰ درصد تولید و مصرف برنج دنیا را به خود اختصاص داده است (FAO, 2020). وسعت اراضی شالیزاری ایران نزدیک به ۵۸۵ هزار هکتار است که حدود ۷۰ درصد آن در دو استان شمالی گیلان و مازندران قرار دارد و بیش از ۸۰ درصد برنج تولیدی کشور از این اراضی پست شالیزاری به‌دست می‌آید (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). استان گیلان با ۳۱/۹ درصد از اراضی شالیکاری کشور، درجایگاه دوم کشور بعد از استان مازندران (۳۸/۴ درصد) قرار دارد (بی‌نام. ۱۳۸۹). روش معمول آبیاری در شالیزارها ایجاد غرقاب دائم در پای بوته از ابتدا تا انتهای فصل کشت می‌باشد. ولی این نحوه از مدیریت آبیاری موجب کاهش کارآیی مصرف آب در مزارع برنج می‌شود. تاکنون پژوهش‌های زیادی درباره تغییر روش آبیاری در زراعت برنج برای کاهش آب آبیاری آن صورت گرفته و در بعضی از موارد نتایج امیدبخشی هم به‌دست آمده است، از آن جمله می‌توان به آبیاری غرقابی تناوبی، آبیاری بارانی و آبیاری قطره‌ای نواری اشاره نمود. یکی از راه‌های غلبه بر مشکل پایین بودن بهره‌وری آب آبیاری و مصرف بیش از اندازه آب در آبیاری غرقابی، استفاده از روش آبیاری تناوبی یا تر و خشک کردن اراضی شالیزاری است. در این روش از مدیریت آبیاری به‌جای اینکه پای بوته‌ها به‌طور پیوسته در آب باشد فقط در مواقع لزوم و به اندازه‌ی مورد نیاز، آب به گیاه داده می‌شود (اسدی و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین طی تحقیقی با مقایسه دو روش آبیاری تناوبی و غرقاب دائم، نشان دادند که آبیاری تناوبی در مقایسه با غرقاب دائم، با کاهش آب ورودی به میزان ۲۶/۰۷ درصد، بهره‌وری فیزیکی آب را به میزان ۳۷/۶ درصد افزایش می‌دهد. از این‌رو به این نتیجه دست یافتند که آبیاری متناوب راهی مناسب برای افزایش کارایی مصرف آب بدون کاهش عملکرد در اندونزی است (Arif et al., 2013). هی

و همکاران (He et al., 2014) برای مدیریت آب آبیاری با هدف تولید پایدار برنج در چین مطالعه‌ای انجام دادند، و گزارش کردند مدیریت آبیاری متناوب موجب کاهش۴۰ درصد ورودی آب و افزایش ۳۴ درصد بهره‌وری فیزیکی آب شد.

کشت برنج باید به‌طور اصولی و علمی صورت گیرد تا اهداف بلند مدت از جمله افزایش امنیت غذایی، تولید پایدار و پایای محصول برنج با حداقل اثرات منفی زیست محیطی، بهبود تغذیه و سلامت مصرف‌کنندگان و تولید کنندگان برنج و بهره‌وری فیزیکی آب محقق شود. پس هر گونه زیر ساختی که به ایجاد این اهداف کمک نماید، از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود. مضافاً اینکه آب رودخانه‌های قزل اوزن و شاهرود که تأمین کننده آب شالیزارهای تحت شبکه آبیاری سفیدرود و فومنات هستند در سال‌های اخیر از نظر کمی و کیفی رو به زوال گذاشته و بی شک خاک‌های اراضی شالیزارهای تحت کشت برنج شبکه آبیاری مذکور به دلیل بافت سنگین و وضعیت ضعیف زه‌کشی نه‌تنها خسارات زیادی بر گیاه وارد می‌کند بلکه در طولانی مدت سبب تخریب خاک از طریق افزایش شوری و سدیمی شدن می‌شود (Masanneh-Ceesay, 2004)، و از آنجا که برنج در اقتصاد خانوارهای منطقه نقش کلیدی را ایفا می‌کند، زه‌کشی در زمان برداشت می‌تواند از خسارت‌های اقتصادی زیادی که به کشاورزان وارد می‌شود جلوگیری کند و بر کمیت و کیفیت کشت برنج و کشت‌های دوم بیفزاید. بنابراین لزوم پرداختن به مقوله زه‌کشی و بخصوص زه‌کشی زیر زمینی که یک راهکار اساسی برای حل مشکلات فوق می‌باشد در قالب طرح‌های تحقیقاتی احساس می‌شود. زهکش‌های لانه‌موشی، تونل‌های افقی زیرزمینی دایره‌ای شکل هستند که مانند زهکش‌های لوله‌ای عمل می‌کنند و در تخلیه آب‌های اضافی ناشی از بارندگی، آبیاری و آبشویی بسیار مؤثر بوده (علیزاده، ۱۳۹۲) و در خاک‌های رسی به‌ویژه در مناطق معتدل کاربرد دارد. اگرچه هزینه ایجاد این زهکش‌ها نسبت به زهکش‌های زیرزمینی لوله‌ای کم است ولی عمر مفید آن‌ها سه تا هفت سال گزارش شده است (Singh et al., 2022). تجهیز اراضی شالی‌زاری به زهکش‌های زیرزمینی علاوه بر اثراتی که بر افزایش عملکرد برنج دارد (درزی-نفچالی و همکاران، ۱۳۹۱) باعث ایجاد شرایط مناسب برای کشت دوم در اراضی شالی‌زاری می شود.

علاوه‌بر زه‌کشی، رژیم آبیاری نیز بر عملکرد دانه و ماده خشک و بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه و ماده خشک، شاخص بهره‌وری اقتصادی آب مبتنی بر سود خالص حاصل از دانه و شاخص برداشت در اراضی شالیزاری تاثیرگذار است به‌طوری‌که مدیریت هم‌زمان سامانه زه‌کشی و رژیم آبیاری در حرکت آب و املاح در خاک و در نتیجه عملکرد گیاه، کارایی مصرف کود و سموم و همچنین کاهش آثار زیست محیطی منفی اهمیت دارد. بعلاوه، مدیریت مناسب آب در اراضی شالیزاری مانند زه‌کشی میان فصل و آبیاری تنابی در توسعه فعالیت ریشه و بهبود کیفیت دانه مؤثر بوده و موجب کاهش تخلیه گاز متان از اراضی شالیزاری می‌شود (Furukawa, et al., 2008; Kim et al., 2014). همچنین عاریف و همکاران (Arif et al., 2024) در دو فصل کشت با بکار گیری سامانه آبیاری و زه‌کشی زیر سطحی با لوله های سوراخدار (لانه موشی) بعنوان فناوری نوین در مزارعه شالیزاری به این نتیجه رسیدند که هر چند عملکرد دانه در سامانه آبیاری زیر سطحی (حفظ سطح آب در خاک بین ۵ الی ۱۰ سانتیمتر پائین‌تر از سطح زمین در طی ۲۰ روز پس از کشت نشا تا مرحله برداشت) و زه‌کشی زیر سطحی با لوله های سوراخدار ۱۵/۵ الی ۱۸/۶ درصد در مقایسه با سامانه آبیاری غرقاب دائم کمتر بود، ولی در مصرف آب ۳۷/۷ الی ۵۰/۵ درصد صرفه جویی به‌عمل آمد و موجب بهبود ۳/۲ الی ۱۰/۴ درصد در بهره وری آب مبتنی بر دانه شد که از نظر محیط زیست نیز سودمند بود.

تحقیقات محدودی در زمینه مدیریت آبیاری و زه‌کشی زیرزمینی(زه‌کشی لانه‌موشی) در دنیا (در ایران گزارش نشده است) انجام گرفته است. یوپو و همکاران (Yupu et al., 2019) تحقیقی که روی تلفیق آبیاری و زه‌کشی کنترل شده انجام دادند نتیجه گرفتند که تلفیق سامانه‌های آبیاری و زه‌کشی کنترل‌شده به عنوان یک روش مؤثر مدیریت آب در کاهش تلفات N از طریق زه‌کشی زیر زمینی و تصعید آمونیاک

پس از عمل کوددهی در اراضی شالیزاری می‌باشد. با توجه به موارد مطرح شده و اهمیت بازنگری در شیوه‌های سنتی مصرف آب در اراضی شالیزاری با وجود زه‌کشی زیر زمینی و ارائه راهکارهای نوین، تحقیقی با هدف مقایسه اثر متقابل رژیم‌های مختلف آبیاری و زه‌کشی لانه‌موشی در مزرعه برنج رقم هاشمی، از نظر عملکرد، میزان آب آبیاری و بهره‌وری آن انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر توأم زه‌کشی زیر زمینی لانه‌موشی و آبیاری تناوبی بر عملکرد و بهره‌وری فیزیکی برنج رقم هاشمی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل با سه سطح زه‌کشی (D_0 (بدون زه‌کشی)، D_1 (زه‌کشی لانه موشی بدون گراول)، D_2 (زه‌کشی لانه موشی با گراول)) و دو سطح آبیاری (I_1 (آبیاری غرقاب دائم) و I_2 (آبیاری تناوبی)) در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۱۴۰۰– ۱۳۹۹ به‌مرحله اجرا گذاشته شد. مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان از نظر موقعیت جغرافیایی واقع در عرض ۳۷ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و طول ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و با ارتفاع ۲۵ متر از سطح دریای آزاد در شهرستان رشت واقع شده است. استان گیلان با اعتدال هوا و بارندگی فراوان جزء مناطق معتدل و مرطوب استان‌های کشور است و آب و هوای آن از نوع آب و هوای مدیترانه‌ای با رطوبتی بیشتر است. براساس داده‌های هواشناسی مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی رشت که در یک کیلومتری محل اجرای طرح واقع شده میانگین ماهیانه دمای حداکثر و حداقل، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی، تبخیر از تشتک، مقدار بارندگی و سرعت باد در نیمه اول بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۰ که دوره رشد گیاه برنج را نیز شامل می شود در جدول ۱ آورده شده است.

جدول (۱): میانگین ماهیانه عوامل اقلیمی بین سال‌های ۱۳۶۹تا ۱۴۰۰ مرکز تحقیقاتی هواشناسی کشاورزی رشت

ماه	دمای حداکثر (°C)	دمای حداقل (°C)	ساعات آفتابی (hr)	رطوبت نسبی (%)	تبخیر از تشت (mm)	بارندگی (mm)	سرعت باد (m/s)
فروردین	۲۰/۴۵	۱۰/۳۳	۴/۳۶	۸۰/۱۰	۱/۶۷	۴۴/۳۳	۲/۶۲
اردیبهشت	۲۴/۶۱	۱۵/۷۰	۵/۳۹	۸۱/۵۴	۲/۸۰	۵۳/۰۳	۲/۷۱
خرداد	۲۶/۴۱	۲۰/۳۴	۶/۵۴	۷۷/۴۵	۴/۴۱	۳۷/۰۱	۲/۹۹
تیر	۲۹/۸۲	۲۲/۷۵	۶/۰۰	۷۷/۹۶	۴/۶۴	۴۶/۹۱	۲/۹۱
امرداد	۳۱/۳۱	۲۱/۸۳	۸/۲۷	۷۸/۳۹	۳/۷۵	۵۰/۳۷	۲/۸۸
شهریور	۲۸/۲۲	۱۹/۷۷	۴/۶۵	۸۲/۷۰	۳/۲۵	۱۱۴/۶۲	۳/۳۰

به‌منظور اجرای آزمایش، زمین مورد نظر پس از بلوک و کرت بندی، تونل‌های افقی دایره‌ای شکل به قطر ۱۰ سانتیمتر بعنوان زه‌کش زیر زمینی لانه‌موشی با تیغهٔ مخصوص با فاصله‌های ۳ متر و در عمق ۴۰ سانتیمتری خاک در امتداد عرض کرت‌های مورد نظر ایجاد شدند. در تیمار زه‌کشی لانه موشی با گراول تونل‌ها جهت جلوگیری از ریزش دیواری آن‌ها با ماسه شکسته ۰۶ که به ماسه شسته ۰۶ نیز مرسوم است به وسیله باکت شن‌ریزی که روی تیغه مخصوص (Tuohy et al., 2016; Polat and bilgili, 2023) آن تعبیه شده بود، پر شدند. برای تخلیه زه‌آب زه‌کش‌های لانه‌موشی بدون گراول و با گراول، لوله پلیکایی به قطر ۹ و طول ۵۰ سانتیمتر در انتهای هر تونل لانه‌موشی کارگذاری شد، سپس لوله‌های مذکور به لوله فرعی(جمع‌کننده زه‌آب) و لوله‌ی فرعی هر کرت به لوله‌ی اصلی آن که هر دو به قطر۲/۵۴ سانتیمتر بود، بوسیله رابط و اتصالات مربوطه به هم متصل و در نهایت به زهکش روباز منتهی شد (شکل ۱) و کنترل زه‌آب در طول دوره رشد و تخلیه آن در زمان زه‌کشی میانفصل (بعد از مرحله پنجه زنی) و پایان‌فصل (۱۰ روز مانده به مرحله برداشت) انجام شد. این آزمایش در ۱۸ کرت هر یک به ابعاد ۹×۶ متر اجرا شد. فاصله بین کرت‌ها ۱/۵ متر، بین تکرارها دو متر و فاصله بین بوته ها ۲۰ سانتیمتر بود. برای جلوگیری از اثر پذیری تیمارهای زه‌کشی از تیمارهای بدون زه‌کشی،

کرت‌های بدون زه‌کشی در انتهای زمین در نظر گرفته شدند (شکل ۱). آماده کردن زمین برای کشت نشا طبق عرف منطقه صورت گرفت و در ۲۸ اردیبهشت ماه کشت نشاء به صورت دستی انجام شد. کرت‌های همه تیمارهای آبیاری تا انتهای مرحله پنجه زنی به‌طور یکسان به‌گونه‌ای که عمق آب تا سطح خاک حداقل ۳ و حداکثر ۵ سانتیمتر باشد آبیاری شدند. مقدار آب آبیاری در رژیم آبیاری تناوبی پس از مرحله پنجه زنی با دور آبیاری ۵ روز اعمال شد (کاوسی و یزدانی، ۱۳۹۹). مقدار آب آبیاری که در هر نوبت آبیاری در طی دور رشد گیاه به کرت‌ها داده می‌شد به‌وسیله کنتور آب (با دقت ۰.۱ لیتر) که در سیستم انتقال آب پس از پمپ تعبیه شده بود اندازه‌گیری شد

.

شکل (۱): طرح سیستم زه‌کشی لانه موشی و تجهیزات کنترل زه‌آب برای اندازه گیری پارامترهای مورد نظر در کرت‌ها و تیمارهای زه‌کشی (D0 (بدون زه‌کشی)، D1 (زه‌کشی لانه موشی بدون گراول)، D2 (زه‌کشی لانه موشی با گراول)) و شیوهٔ آبیاری (I1(آبیاری غرقاب دائم) و I2 (آبیاری تناوبی)) (A)، نحوهٔ ایجاد زهکش لانه موشی(B) مشخصات تیغه مول و ترک های ایجاد شده در خاک (C)

برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام تحقیق در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. بافت خاک به روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری با روش کلوخه-پارافین و جرم مخصوص حقیقی خاک با استفاده از پیکنومتر اندازه‌گیری شدند. همچنین اسیدیته خاک از عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه pH متر(مدل BASIC 20+ شرکت CRISON)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) با

دستگاه EC سنج (مدل 4520 شرکت Jenway) و همچنین مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاس نیز اندازه‌گیری شدند.

جدول (۲): خصوصیات فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

عمق خاک (cm)	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	جرم مخصوص حقیقی (g/cm^3)
۰-۳۰	سیلتی رس	۹/۸	۴۳/۶	۴۶/۶	۱/۶۷	۲/۶۱

جدول(۳): خصوصیات شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

عمق خاک (cm)	نیتروژن (%)	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	ECe (mµ/cm)	اسیدیته خاک (pH)
۰-۳۰	۰/۲۸	۳۸۹/۰	۳/۱۳	۱/۴	۶/۸۵

مقدار کود نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم بر هکتار از منبع اوره در نظر گرفته شد (شعاعی پرچین و همکاران، ۱۴۰۱) که نیمی از آن (۹۰ کیلوگرم در هکتار) در مرحله بعد از عمل نشاکاری و نیم دیگر در مرحله ظهور خوشه مصرف شد. برای مبارزه با علف‌های هرز از علف کش بوتاکلر (Butachlor) استفاده شد. به‌منظور جلوگیری از نشت آب از اراضی مجاور ضمن ایجاد زهکش از پوشش پلاستیکی در روی مرزها و پشته‌های کرت‌ها نیز استفاده شد. پس از رسیدن گیاه به مرحله برداشت از هر کرت ۱ مترمربع (۲۵ بوته) با در نظر گرفتن حاشیه‌ها برای تعیین عملکرد انتخاب و در ۷ شهریور ماه بوته ها به‌صورت دستی و به روش کف‌بر برداشت شدند. به منظور تعیین عملکرد دانه (شلتوک)، شاخص بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر دانه، شاخص بهره‌وری اقتصادی آب مبتنی بر سود خالص حاصل از دانه و شاخص برداشت، بوته‌ها در هوای آزاد تا ثابت شدن وزن آنها خشکانیده و با دستگاه خرمن‌کوب شلتوک از کاه و کلش جداسازی و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم توزین شدند. پس از اندازه‌گیری درصد رطوبت نمونه‌ها توسط دستگاه رطوبت سنج، عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۶ درصد محاسبه شد. همچنین برای تعیین عملکرد ماده خشک و بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر ماده خشک، کاه و کلش و شلتوک هر تیمار در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در گرمخانه خشکانیده و سپس توزین شدند. برای بررسی اثر تیمارهای مختلف روی شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر وزن دانه و وزن ماده خشک و بهره‌وری اقتصادی آب مبتنی بر سود خالص حاصل از دانه به‌ترتیب از روابط ۱، ۲ و ۳ استفاده شد (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۴).

$$CPD_{bg}=\frac{Yg}{I} \quad (۱)$$

$$CPDb_{dm}=\frac{Ydm}{I} \quad (۲)$$

$$NBPDbg=\frac{NBPg}{I} \quad (۳)$$

در این روابط: CPDbg بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر دانه (کیلوگرم بر متر مکعب)، Yg عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، I میزان آب آبیاری (متر مکعب در هکتار)، CPDbdm بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر ماده خشک (کیلوگرم بر متر مکعب)، Ydm عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)، NBPDbg بهره‌وری اقتصادی آب مبتنی بر سود خالص حاصل از دانه (ریال بر مترمکعب) و NBPg سود خالص (ریال) حاصل از دانه می‌باشد. محاسبه هزینه‌های تولید و آب و قیمت فروش محصول(در آمد) در تعیین شاخص بهره‌وری اقتصادی آب بر اساس مصاحبه با کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان و استفاده از سالنامه آماری وزارت جهاد کشاورزی بر مبنای سال زراعی ۱۴۰۳ بوده است. برای بررسی اثر تیمار های مختلف روی شاخص برداشت از رابطه ۴ استفاده شد (Amanullah and Inamullah, 2016).

$$HI=\frac{GY}{BY}100 \quad (۴)$$

در این رابطه: HI شاخص برداشت، EY عملکرد دانه و BY عملکرد بیولوژیک می باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۴) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

مقدار آب آبیاری

میانگین حجم کل آب داده شده به هر تیمار در طول دوره رشد گیاه در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طوری که در جدول مشاهده می‌شود بیشترین مقدار آب با ۱۲۹۲۷ مترمکعب بر هکتار برای رژیم آبیاری غرقاب دائم و ۱۰۰۸۳ مترمکعب بر هکتار برای رژیم آبیاری تناوبی استفاده شد. مقدار آب کاهش یافته در رژیم آبیاری تناوبی در مقایسه با رژیم آبیاری غرقاب دائم ۲۲ درصد بود. از آنجایی که پنجه زنی یکی از مهمترین صفات گیاه برنج است و نقش عمده‌ای در تعیین عملکرد دانه دارد، بنابراین آبیاری غرقاب دائم در تیمار رژیم آبیاری تناوبی تا انتهای این مرحله ادامه داشت. مقدار بارندگی در طول دوره رشد گیاه در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ برابر با ۱۲۸/۹۶ میلیمتر بود که بر اساس روش وزارت کشاورزی ایالت متحده (USDA, 1993) مؤثر بودن آن ۱۲۵/۱۴ میلیمتر بود

جدول (۴):. حجم آب داده شده به هر تیمار در طول دوره رشد گیاه

تیمار	حجم کل آب داده شده در طول دوره رشد گیاه (m^3/ha)
غرقابی	۱۲۹۲۷
تناوبی	۱۰۰۸۳

عملکرد دانه (شلتوک)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رژیم آبیاری بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر سامانه زه‌کشی و اثر متقابل رژیم آبیاری× سامانه زه‌کشی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با ۷۶۰۱/۴ کیلوگرم در هکتار در تیمار رژیم آبیاری غرقاب دائم و کمترین آن با ۶۶۵۵/۰ کیلوگرم بر هکتار در تیمار رژیم آبیاری تناوبی به‌دست آمد(جدول۶). نتایج حاصله حاکی از آن است که اعمال رژیم آبیاری تناوبی بعد از مرحله پنجه‌زنی هر چند در مصرف آب ۲۲ درصد صرفه‌جویی بعمل آورد ولی احتمالاً به دلیل جلوگیری از انتقال مواد غذایی به گیاه و کاهش فتوسنتز موجب کاهش ۱۲/۴۵ درصد عملکرد دانه در رژیم آبیاری تناوبی در مقایسه یا رژیم آبیاری غرقاب دائم شد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق صداقت و همکاران (۱۳۹۳) و رضایی و نحوی (۱۳۸۶) مبتنی‌بر اینکه عملکرد دانه برنج در رژیم آبیاری تناوبی کمتر از رژیم آبیاری غرقاب دائم بود، مطابقت دارد. در این راستا انگلیش و جمس (English, and James, 1990) در طی تحقیقی به این نتیجه رسیدند کم‌آبیاری (آبیاری تناوبی) به عنوان یکی از بهترین راهکارها برای گسترش سطح زیرکشت گیاهان زراعی، صرفه‌جویی در مصرف آب و شیوه‌های مطلوب برای تولید محصول در شرایط کمبود آب است، به‌طوریکه در این روش عملکرد گیاه آگاهانه کاهش داده می‌شود تا کاهش محصول در واحدسطح با افزایش سطح زیرکشت جبران شود. در این تحقیق هر چند اثر سامانه زه‌کشی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود ولی نتایج مقایسه مانیگن داده ها نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد دانه در سامانه زه‌کشی لانه‌موشی بدون گراول ۲/۷۲ درصد بیشتر از شرایط بدون زه‌کشی بود. هر چند بین تیمار های زه‌کشی از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی بیشترین عملکرد در سامانه زه‌کشی بدون گروال به‌دست آمد و تیمارهای بدون زه‌کشی و سامانه زه‌کشی با گراول

به‌ترتیب در گروهای دوم و سوم قرار گرفتند. در این راستا خلیلی‌واودره و همکاران (۱۳۹۶) مطالعه‌ای که در خصوص اولویت‌بندی مکانی زه‌کشی زیرزمینی در محدوده پروژه آبیاری و زه‌کشی البرز انجام دادند، به تأثیر سامانه زه‌کشی در بهبود عملکرد برنج در مزارعه شالیزاری تأکید و اجرای سامانه‌های زه‌کشی را در اولویت قرار دادند. صالحی هیکویی و همکاران (۱۳۹۶) نیز در تحقیقی به بررسی اثر مدیریت آبیاری در شالیزارهای مجهز به سیستم زه‌کشی زیر زمینی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد دانه به طور معنی داری تحت تأثیر مدیریت آبیاری و زه‌کشی قرار گرفت. همچنین پاسکوال و وانگ (Pascual and Wang, 2016) در تحقیق خود تأکید به تأثیر زهشکی بر بهبود عملکرد برنج و اعمال آن در مزارعه شالیزاری به ویژه در طول فصل بارندگی داشتند. بنابراین از نتایج حاصله می‌توان چنین استنباط کرد که سامانه زه‌کشی لانه‌موشی با گراول در رژیم آبیاری تناوبی با تخلیه آب بیشتر در تشدید اثر تیمار رژیم آبیاری تناوبی مؤثر بوده است و استفاده از گراول در سامانه زه‌کشی لانه‌موشی بیشتر برای جلوگیری از ریزش دیواره‌های منفذ و دوام آن مد نظر بوده و اجرای سامانه زه‌کشی لانه موشی بدون گراول می تواند در اولویت قرار گیرد.

عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سامانه زه‌کشی ، رژیم آبیاری و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). به‌طوری که نتایج داده‌های مقایسه میانگین اثر متقابل سامانه زه‌کشی لانه‌موشی و رژیم آبیاری نشان داده که بیشترین عملکرد ماده خشک با ۱۸۴۱۹ کیلوگرم بر هکتار در تیمار اثر متقابل بدون زه‌کشی در رژیم آبیاری تناوبی با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت، و کمترین آن با ۶۴۸۳ کیلوگرم بر هکتار در تیمار اثر متقابل بدون زه‌کشی در رژیم آبیاری تناوبی به‌دست آمد (شکل ۲). بنابراین سامانه زه‌کشی لانه‌موشی بدون گراول در رژیم آبیاری غرقاب دائم موجب افزایش ۳/۱۳ درصد عملکرد ماده خشک شد. همچنین سامانه زه‌کشی لانه‌موشی در شرایط رژیم آبیاری تناوبی تأثیر مثبتی داشت، به‌طوری که سامانه زه‌کشی لانه‌موشی بدون گراول و با گراول در رژیم آبیاری تناوبی در مقایسه با شرایط بدون زه‌کشی در همان رژیم آبیاری به ترتیب با ۵۹/۰۹ و ۵۸/۳۸ درصد موجب افزایش عملکرد ماده خشک شد. افزایش وزن گیاه در اثر تولیدات فتوسنتزی که تولید ماده خشک نامیده می‌شود، در افزایش عملکرد دانه برنج تاثیر مثبتی دارد (میرابوالقاسمی و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول (۵): نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در تیمارهای مختلف

منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات					
		عملکرد دانه	عملکرد ماده خشک	بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه	بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد ماده خشک	بهره‌وری اقتصادی آب مبتنی‌بر سود خالص حاصل از دانه	**شاخص برداشت**
تکرار	۲	۲۹۸۸۶۸۸/۸۹ns	۶۴۸۷۸۴۳/۸۰ns	۰/۰۲۳۴۰۰۶۷ns	۰/۰۴۷۱۴۴۱۱ns	۳۱۹۱۳۸۳۱۳۹/۰	۰/۰۰۵۱۴۴۴۸ns
سامانه زه‌کشی لانه‌موشی(D)	۲	۱۸۰۱۴۳/۰۹ns	۴۱۲۷۹۹۷۵/۵۰**	۰/۰۰۰۹۷۵۰۴ns	۰/۴۰۰۵۳۵۱۳**	۸۲۱۸۲۶۰۹۶/۰	۰/۰۱۵۹۶۲۷۱*
سامانه آبیاری(I)	۱	۴۹۲۷۱۷۱/۵۲*	۹۹۵۰۸۸۱۸/۸۰**	۰/۰۰۴۳۶۰۳۲ns	۰/۲۰۰۲۱۱۰۲**	۶۲۹۶۶۰۳۳۱/۰	۰/۰۲۹۸۷۴۴۳*
D×I	۲	۱۷۳۲۶۷/۷۷ns	۵۳۸۴۹۲۷۴/۷۰**	۰/۰۰۱۲۶۴۶۴ns	۰/۳۱۷۳۵۳۲۶**	۵۳۲۶۶۲۷۲۱/۰	۰/۰۲۲۲۱۹۱۸*
خطای	۱۰	۶۰۴۷۸۰/۵۵	۴۰۱۲۹۳۱/۱۰	۰/۰۰۸۹۸۲۶۳	۰/۰۵۰۸۲۵۷۰	۸۰۲۶۶۳۱۸۴/۰	۰/۰۰۳۱۴۲۱۰
ضریب تغییرات(CV%)	-	۱۰/۹۹	۱۳/۸۷	۱۵/۲۸	۱۷/۳۸	۱۷/۹۴	۱۶/۶۲

**** و * معنی‌دار به‌ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و ns معنی‌دار نیست.**

جدول(۶): نتایج مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در تیمارهای مختلف

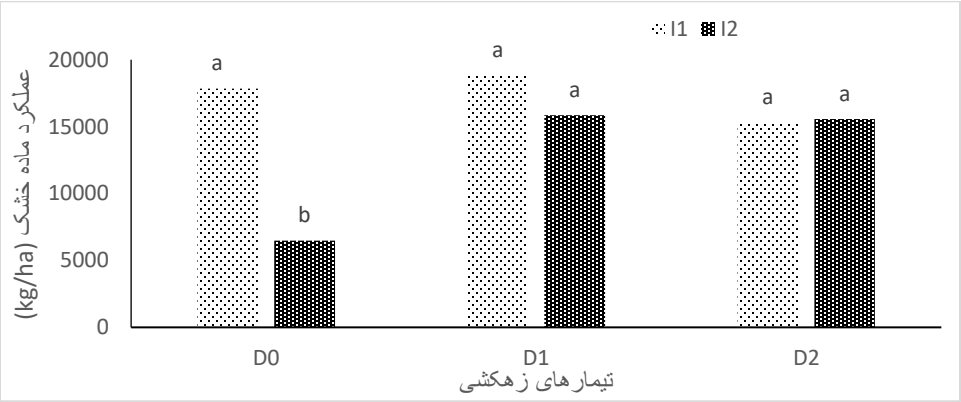
تیمار		عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد ماده خشک (kg/ha)	بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه (kg/m^3)	بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد ماده خشک (kg/m^3)	بهره‌وری اقتصادی آب مبتنی‌بر سود خالص حاصل از دانه ($rial/m^3$)	شاخص برداشت (%)
سامانه زه‌کشی لانه‌موشی							
بدون زه‌کشی(D0)		۷۰۶۱/۷^{a}	۱۲۱۶۳^{b}	۰/۶۱۶^{a}	۱/۰۱۲^{b}	۱۶۶۱۸۷^{a}	۳۹/۶۵^{a}
زه‌کشی بدون گراول (D1)		۷۲۵۹/۱ ^{a}	۱۷۳۴۷ ^{a}	۰/۶۳۵ ^{a}	۱/۵۱۵^{a}	۱۶۳۱۴۵^{a}	۳۰/۴۴^{b}
زه‌کشی با گراول(D2)		۶۹۱۳/۸ ^{a}	۱۵۴۴۷ ^{a}	۰/۶۱۰^{a}	۱/۳۶۵^{ab}	۱۴۴۵۶۶^{a}	۳۱/۰۱^{ab}
سامانه آبیاری							
غرقاب دائم(I1)		۷۶۰۱/۴ ^{a}	۱۷۳۳۶/۹ ^{a}	۰/۶۰۵^{a}	۱/۴۰۳ ^{a}	۱۵۲۰۵۱^{a}	۲۹/۶۳^{b}
تناوبی(I2)		۶۶۵۵/۰ ^{b}	۱۲۶۳۴/۴ ^{b}	۰/۶۳۶ ^{a}	۱/۱۹۲ ^{a}	۱۶۳۸۸۰^{a}	۳۷/۷۸^{a}

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۵ درصد آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب مبتنی‌بر دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رژیم آبیاری بربهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه در سطح احتمال

۵ درصد معنی‌دار بود، ولی سامانه زه‌کشی و اثر متقابل رژیم آبیاری× سامانه زه‌کشی بر بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۵). به‌طوری که نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه با ۰/۶۶ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار رژیم آبیاری تناوبی و کمترین آن با ۰/۵۸ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار رژیم آبیاری غرقاب دائم به‌دست آمد(جدول ۶). بنابراین با اعمال رژیم آبیاری تناوبی، در مصرف آب ۲۲ درصد صرفه‌جویی به‌عمل آمد و موجب افزایش ۹/۸۳ درصد بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه در رژیم آبیاری تناوبی در مقایسه با رژیم آبیاری غرقاب دائم شد. بومان (Bouman, 2007) در آزمایشی به این نتیجه دست یافتند که با اعمال مدیریت صحیح آبیاری می‌توان، اولاً مانع از کاهش عملکرد قابل ملاحظه شد و ثانیاً در مصرف آب صرفه‌جویی به‌عمل آورد و در نتیجه بهره‌وری فیزیکی آب را افزایش داد. همچنین اعلایی‌بازکیایی و همکاران (۱۳۹۸) و هیا و همکاران (Hiya et al., 2020) با انجام تحقیقی نتیجه گرفتند که رژیم‌های آبیاری به غیر از رژیم آبیاری غرقاب دائم موجب افزایش بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر دانه برنج می‌شود، با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سامانه زه‌کشی، رژیم آبیاری و اثر متقابل آنها بر بهره‌وری اقتصادی آب مبتنی‌بر سود خالص حاصل از دانه معنی‌دار نبود (جدول ۵). از این نتایج چنین استنباط می شود، علیرغم اینکه تیمارهای زه‌کشی لانه موشی در مقایسه با تیمار بدون زه‌کشی هزینه اولیه داشتند ولی از نظر بهره‌وری اقتصادی آب مبتنی بر سود خالص حاصل از دانه اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۶). بنابر این تیمار زه‌کشی لانه موشی بدون گراول به دلیل داشتن عملکرد دانه بالا و اجرای آسانتر می‌تواند گزینه مناسبی برای منطقه مورد مطالعه باشد.

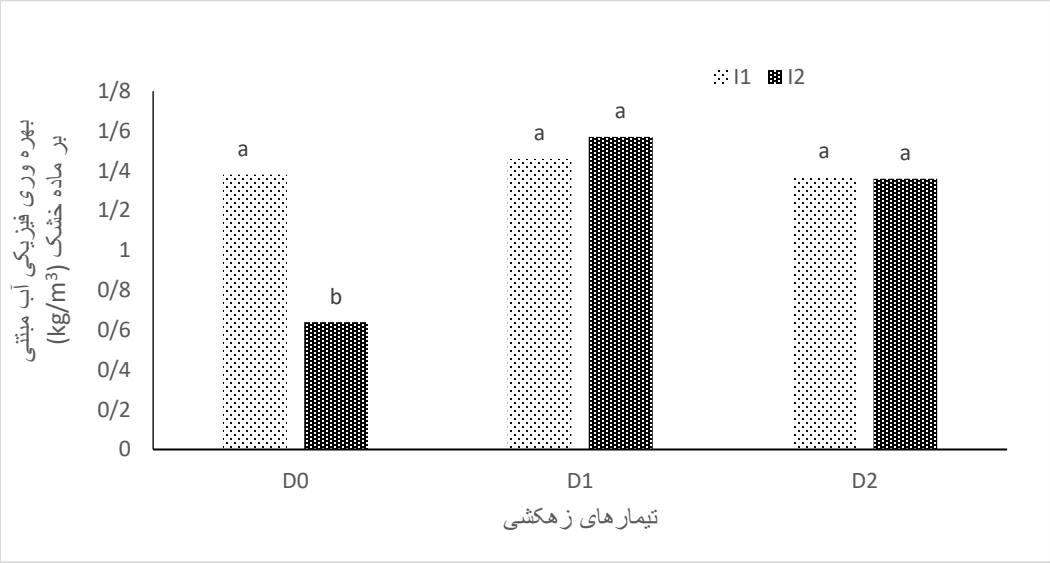


شکل (۲): مقایسه میانگین اثرات متقابل سامانه زه‌کشی ×رژیم آبیاری بر عملکرد ماده خشک

بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رژیم آبیاری بر بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر ماده خشک معنی‌دار نبود، ولی اثر سامانه زه‌کشی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل رژیم آبیاری×سامانه زه‌کشی بر بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد ماده خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). به‌طوری که نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیشترین بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد ماده خشک با ۱/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار زه‌کشی بدون گراول با رژیم آبیاری تناوبی به‌دست آمد که به غیر از تیمار بدون زه‌کشی با رژیم آبیاری تناوبی با بقیه تیمار ها اختلاف معنی‌داری نداشت، و کمترین آن با ۰/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار بدون زه‌کشی با رژیم آبیاری تناوبی به‌دست آمد (شکل ۳). بنابراین سامانه زه‌کشی بدون گراول و با گراول در شرایط رژیم آبیاری تناوبی در مقایسه با شرایط

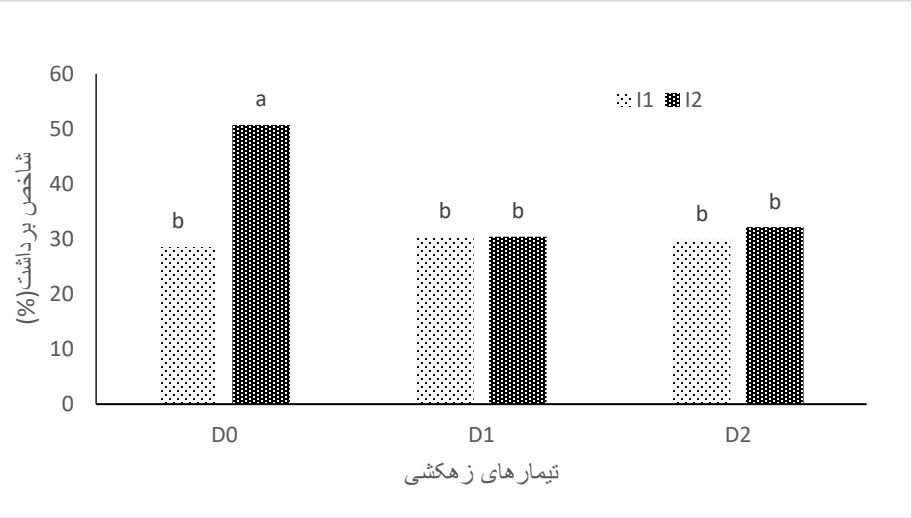
بدون زه‌کشی با همان رژیم آبیاری به ترتیب با ۵۹/۲۴ و ۵۸/۴۴ درصد موجب افزایش بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر ماده خشک شد. نتایج حاصله حاکی از آن است که سامانه زه‌کشی لانه‌موشی در شرایط رژیم آبیاری تناوبی در رشد گیاه بسیاری مؤثر بود، به‌طوری که بدون سیستم زهکشی مناسب، امکان زهکشی میان فصل برنج که با هدف ریشه‌دهی و کاهش تعداد پنجه‌دهی غیرمثمر در دوره حداکثر پنجه‌دهی و دفع مواد سمی از قبیل سولفیدها و اسیدهای آلی از ناحیه ریشه انجام می‌شود، وجود نداشت (کیاء، ۱۳۸۴). نتایج تحقیق حاضر با نتایجه تحقیق اعلایی‌بازکیایی و همکاران (۱۳۹۸) مبنی بر اینکه اعمال کم آبیاری در روش‌های آبیاری غیر از روش آبیاری غرقاب دائم موجب افزایش بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر زیست توده برنج می‌شود، مطابقت دارد.



شکل (۳):. مقایسه میانگین اثرات متقابل سامانه زه‌کشی ×رژیم آبیاری بر بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر ماده خشک

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سامانه زهکش، رژیم آبیاری و اثر متقابل آنها بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۵). به‌طوری که نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیشترین شاخص برداشت با ۵۰/۷۲ درصد در تیمار بدون زه‌کشی با رژیم آبیاری تناوبی به‌دست آمد که با بقیه تیمار ها اختلاف معنی‌داری داشت، و کمترین آن با ۲۸/۵۸ درصد در تیمار بدون زه‌کشی با رژیم آبیاری غرقاب دائم بدست آمد که به غیر از تیمار بدون زه‌کشی با رژیم آبیاری تناوبی با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴). بنابراین مقدار شاخص برداشت در محدودهٔ ۲۸/۵۸ الی ۵۸/۷۲ درصد بود که در تحقیقی برای ارقام مختلف برنج این محدوده بین ۱۷ الی ۵۶ درصد تعیین شده است (Yang and Zhang, 2010). مهدوی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی نتیجه گرفتند، ارقامی که شاخص برداشت بالایی داشتند میزان بیشتری از ماده خشک را به دانه ها اختصاص دادند، به عبارت دیگر با توزیع بیشتر مواد فتوسنتزی به مخازن، قسمت زیادی از ماده خشک به عملکرد اقتصادی دانه تخصیص یافت که منجر به افزایش شاخص برداشت شد.



شکل(۴): مقایسه میانگین اثرات متقابل سامانه زه‌کشی ×رژیم آبیاری بر شاخص برداشت

نتیجه گیری

اعمال رژیم آبیاری تناوبی با مدیریت صحیح آب در کشاورزی، به‌خصوص در سیستم کشت برنج نشایی که در بین سیستم‌های کشت و گیاهان زراعی بیشترین مصرف آب را دارد، می‌تواند محدودیت و مشکلات ناشی از کمبود منابع آب را تعدیل کند. براین اساس طرح حاضر به‌منظور مقایسه رژیم آبیاری تناوبی با رژیم آبیاری غرقاب دائم (سنتی) در شرایط وجود زه‌کشی لانه‌موشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان روی برنج رقم هاشمی انجام شد. از آنجایی که پنجه زنی یکی از مهمترین صفات گیاه برنج است و نقش عمده‌ای در تعیین عملکرد دانه و ماده خشک دارد، آبیاری به‌صورت غرقاب دائم در تیمار رژیم آبیاری تناوبی همانند تیمار رژیم آبیاری غرقاب دائم تا انتهای مرحله پنجه زنی ادامه داشت. از اینرو درصد صرفه‌جویی در مصرف آب در رژیم آبیاری تناوبی در مقایسه با رژیم آبیاری غرقاب دائم قابل ملاحظه نبود، ولی عملکرد دانه و ماده خشک در رژیم آبیاری تناوبی در مقایسه با رژیم آبیاری غرقاب دائم با اختلاف معنی‌داری کاهش یافت. نتایج حاصله حاکی از آن است که سامانه زه‌کشی لانه‌موشی در مقایسه با شرایط بدون زه‌کشی بر عملکرد دانه و ماده خشک و شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه و ماده خشک تأثیر مثبتی داشت، به‌طوری که بیشترین آنها در تیمار سامانه زه‌کشی لانه‌موشی بدون گراول به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که اثر سامانه زه‌کشی، رژیم آبیاری و اثر متقابل آنها بر بهره‌وری اقتصادی آب مبتنی‌بر سود خالص حاصل از دانه معنی‌دار نبود. از نتایج حاصله چنین استنباط می‌شود که برای عملکرد دانه و ماده خشک بیشتر در شرایط عدم محدودیت آب می‌توان رژیم آبیاری غرقاب دائم و در شرایط محدودیت آب برای شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی آب مبتنی‌بر عملکرد دانه و ماده خشک بالاتر می‌توان رژیم آبیاری تناوبی با سامانه زه‌کشی لانه‌موشی بدون گراول را به‌عنوان گزینه مناسب برای کشت برنج رقم هاشمی در منطقه رشت معرفی کرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از شرکت سامان آبراه به دلیل تقبل هزینه‌های مادی و حمایت‌های معنوی در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

منابع

احمدی، ک.، ح. ر. عبادزاده، ه. عبدشاه، آ. کاظمیان و م. رفیعی. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، صفحه ۱۱۶.

اعلایی‌بازکیایی، پ.، ا. امیری، ب. کامکار، م. رضایی و ح. کاظمی. ۱۳۹۸. اثر مدیریت آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد و بهره‌وری آب در برنج (Oryza sativa L.). نشریه تولید گیاهان زراعی. ۱۲(۴)، ۱۷۰-۱۵۷.

بی‌نام. ۱۳۸۹. آمارنامه کشاورزی (جلد اول محصولات زراعی ۸۸-۱۳۸۷). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. تهران. ایران. ۱۱۴.

سپاسخواه، ع.، ع. توکلی و ع. موسوی. ۱۳۸۴. اصول و کاربرد کم آبیاری. چاپ اول. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۸۸.

خلیلی‌واودره، س.، ع. شاهنظری، م. خ. ضیاءتبار احمدی و م. چراغیزاده. ۱۳۹۶. اولویت‌بندی مکانی زه‌کشی زیرزمینی در محدوده پروژه آبیاری و زه‌کشی البرز. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۸(۱۵): ۱۹۰-۱۸۰.

درزی-نفچالی، ع.، س. م. میرلطیفی، ع. شاهنظری، ف. اجلالی، ف. و م. ح. مهدیان. ۱۳۹۱ تأثیر زهکشی سطحی و زیرزمینی بر تلفات فسفر از شالیزارها در طول فصل رشد برنج. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۶ (۳)، ۲۲۵-۲۱۵.

رضایی، م و م. نحوی. ۱۳۸۶. تأثیر روش های مختلف مدیریت آبیاری بر کارایی مصرف آب و عملکرد برنج. نشریه علوم کشاورزی ۱(۹): ۲۵-۱۵.

سعادتی، ن. ۱۳۷۷. بررسی اثر تنش آب در مراحل مختلف رشد برنج بر روی عملکرد و تعیین میزان آب مصرفی رقم‌های طارم-نعمت. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور-معاونت آمل. ۱۷.

شعاعی پرچین، ن.، م.ح. بیگلوئی، غ.ر. محسن‌آبادی و م.ب. فرهنگی. ۱۴۰۱. تأثیر تلفیق روش‌های آبیاری غرقابی و قطره‌ای در سطوح مختلف کود نیتروژن و تعداد نشاء بر عملکرد و بهره‌وری آب برنج. نشریه مدیریت آب در کشاورزی، ۹(۱): ۱۴۸-۱۳۵.

صالحی هیکویی، م.، ، ع. درزی نفت چالی، ۲ ، ع. شاهنظری، م.جعفری تلوکلایی.۱۳۹۶. بررسی اثر مدیریت آبیاری در شالیزارهای مجهز به زه‌کشی زیرزمینی بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه و عملکرد دانه برنج. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۷(۲۷): ۱۱۹-۱۰۷.

صداقت، ن، ه. پیردشتی، ر. اسدی و س.ی. موسوی طغانی. ۱۳۹۳. اثر روشهای آبیاری بر بهره‌وری آب در برنج. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸(۱): ۹-۱.

علیزاده، ا. ۱۳۹۲. زهکشی جدید، اصول برنامه ریزی و طراحی سیستم‌های جدید زه‌کشی اراضی. انتشارات دانشگاه امام رضا، ۱۶۱ ص.

کاوسی، م. و م. ر. یزدانی. ۱۳۹۹. اثر دور آبیاری و میزان کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج (Oryza sativa L.) رقم هاشمی. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۲(۲): ۱۸۲-۱۶۸.

کیاء، ع. ۱۳۸۴. زه‌کشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری . مرکز توسعه منابع انسانی کشاورزی هراز، ۲۲ ص.

مهدوی، ف.، م. ع. اسماعیلی، ا. فلاح و ه. پیردشتی. ۱۳۸۴. مطالعه خصوصیات مرفولوژیک، شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام بومی و اصلاح شده برنج(Oryza sativa L.). مجله علوم زراعی ایران، ۱۷(۴): ۲۹۸-۲۸۰.

میرابوالقاسمی، س. م.، م. قبادی نیا، ا.ر. قاسمی و م.ر. نوری امامزاده ای. ۱۳۹۶. تأثیر آبیاری زیرزمینی و مدیریت آبیاری بر مشخصه‌های رشد و اجزای عملکرد برنج در منطقه خشک و نیمه خشک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۱(۲): ۴۲۱-۴۱۱.

Africare Oxfam America. WWF-ICRISAT Project. 2010. More rice for people, more water for the planet. WWF-ICRISAT project, Hyderabad, India.

Arif, C., B.I. Setiawan, H.A. Sofiyuddin, and L.M. Martief. 2013. Enhanced water use efficiency by intermittent irrigation for irrigated rice in Indonesia. Journal of Islamic Perspective on Science, Technology and Society. 1(1): 12-17.

Arif, C., S. K. Saptomo, B I. Setiawan, M. Taufik, W. B. Suwarno, B. D. Apri Nugroho and M. Mizoguchi. 2024. Water saving rice cultivation using sheet-pipe subsurface irrigation. Heliyon, 10. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30799

Arora, N. K. 2019. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions, Environmental Sustainability 2. https://doi.org/10.1007/ s42398-019-00078-w.

Bouman, B., S. Peng, A. Castaneda, and R. Visperas. 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. Agricultural Water Management, 74(2): 87-105.

Bouman, B.A.M. 2007. A c.

onceptual framework for the improvement of crop water productivity at different spatial scales. Agricultural Systems. 93, 43–60.

Dawe, D. 2005. Increasing water productivity in rice-based systems in Asia-past trends, current problems, and future prospects. Plant Production Science. 8. 221-230

English, M. J. and L. G. James. 1990. Deficit irrigation. Π: bservation on Colombia basin. ASCE, Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 116, 413-426

FAO. 2020. FAOSTAT, Available at http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

Furukawa, Y., Y. Shiratori and K. Inubushi. 2008. Depression of methane production potential in paddy soils by subsurface drainage systems. Soil Science and Plant Nutrition, 54, 950–959.

Gomez-Zavaglia, A., J. C. Mejuto and J. Simal-Gandara. 2020. Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. Food Res. Int. 134. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109256.

He, H.B., R. Yang, L. Chen, H. Fan, X. Wang, S.Y. Wang, H.W. Cheng and F.Y. Ma. 2014. Rice root system spatial distribution characteristics at flowering stage and grain yield under plastic mulching drip irrigation (PMDI). Journal of Animal and Plant Science. 24, 290-301.

Hiya, H. J., M.A. Ali, M.A. Baten and S.C. Barman. 2020. Effect of water saving irrigation management practices on rice productivity and methane emission from paddy field. Journal of Geoscience and Environment Protection, 8, 182-196. https://doi.org/10.4236/gep.2020.89011

Kim, G.Y., J. Gutierrez, H.C. Jeong, J.S. Lee, M.D. Mozammel-aque and P.J. Kim. 2014. Effect of intermittent drainage on methane and nitrous oxide emissions under different fertilization in a temperate paddy soil during rice cultivation. J Korean Soc Appl Biol Chem. 57(2): 229−236.

Li, M., Y. Xu, Q. Fu, V.P. Singh, D. Liu and T. Li. 2020. Efficient irrigation water allocation and its impact on agricultural sustainability and water scarcity under uncertainty. J. Hydrol. (Amst.) 586. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124888.

Masanneh-Ceesay, M. 2004. Management of rice production systems to increase productivity in the Gambia, West Africa. a dissertation presented to the faculty of the Graduate School of Cornell university in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy, Pp:159.

Pascual, V.J. and Y.M. Wang. 2016. Evaluation for high water productivity and yield assessment of lowland paddy rice under controlled drainage and irrigation using the system of rice intensification (SRI). International Journal of science and Technology Reserch. 11(5): 263-268.

Piao, S., P. Ciais, Y. Huang, Z. Shen, S. Peng, J. Li, L. Zhou, H. Liu, Y. Ma and Y. Ding. 2010. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. Nature, 467(7311): 43-51.

Polat, M.Y. and M.E. Bilgili. 2023. A brief overview to give a new perspective on mole drainage. Int J. Agric Sc. Food Technol, 9(2): 016-020.

Singh, R., Rao, K. V., Singh, R. K., Singh, K. P., & Singh, S. K. 2022 Drainage technologies for enhancing productivity of temporary waterlogged vertisols. Journal of Agricultural Engineering, 59(3), 279-292. https://doi.org/ 10.52151/jae2022593.1782

Tuohy, P., J. Humphreys, N.M. Holden and O. Fenton. 2016. Runoff and subsurface drain response from mole and gravel mole drainage across episodic rainfall events. Agric. Water Managenent, 169, 129–139.

USDA, 1993. Irrigation Water Requirements. National engineering handbook, Part 623, Chapter2. P. 281.

Watanabe, T. 2018. Paddy Fields as Artificial and Temporal Wetland. Irrigation in Agroecosystems. 15pp.

Yang, J. and J. Zhang. 2010. Crop management techniques to enhance harvest index in rice. Journal of Experimental Botany, 61: 3177–3189.

Yupu, H., Z. Jianyuna, Y. Shihong, H. Dalin and X. Junzeng. 2019. Effect of controlled drainage on nitrogen losses from controlled irrigation paddy fields through subsurface drainage and ammonia volatilization after fertilization. Agricultural Water Management, 221, 231-237.