University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

*Vol. 18, No. 1, pp. 1-14 (Spring 2025)*

https://doi.org/10.22077/escs.2024.4991.2098

*Original article*

# Evaluation of the effect of chemical nutrition systems on yield, phosphorus and potassium content and proline content of rice under different irrigation conditions

**S. Eisapour Nakhjiri[1], M. Ashouri[2]*, S.M. Sadeghi[2], N. Mohammadian Roshan[3]**

*1. PhD student of Agronomy, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran*
*2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran*
*3. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran*

Received 28 December 2021; Accepted 4 November 2024

## *Extended abstract*

### Introduction

Due to the continuous water shortages in rice cultivation areas, unbalanced use of nitrogen chemical fertilizers, the need to pay less attention to the use of water in rice cultivation and balance in the use of chemical fertilizers in saving and preventing water loss is important. Periodic irrigation has been introduced as an important research finding to reduce water consumption and increase water use efficiency in paddy lands. As water stress increases, the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium decreases.

### Materials and methods

Therefore, this study conducted for evaluation the effects of different irrigation regimes and N fertilizer on yield, and the content of micronutrients in brown and white rice was conducted in Rashat during cropping season of 2016-2017 and 2017-2018 in Rasht. Experiment was arranged in split split plot based on completely randomized block design with 3 replications in which water regimes were main factor included continuous submergence, 7 and 15 day interval irrigation and nitrogen fertilizer levels were sub factor included 50 , 75 , and 100 kg $ha^{-1}$ and cultivars were sub sub factor included Gilanh and Hashemi. Before conducting the composite data analysis, Bartlett's test was used to ensure the homogeneity of experimental error variance. Analysis of variance and statistical calculations were performed using SAS software version 9.1 and the mean of the studied traits were compared using Duncan test at 5% probability level. In order to check the normality of the data, the normality test in SAS program was used.

### Results and discussion

The results showed that by increasing the irrigation interval, paddy yield decreased, while application of 75 and 100 kg $ha^{-1}$ nitrogen fertilizer increased paddy yield in all three irrigation levels compared to the level of 50 kg $ha^{-1}$ nitrogen fertilizer. There was a significant effect (at the level of one percent probability) between the treatment of irrigation regimes, nitrogen fertilizer and cultivar on brown and white rice and macro elements. The highest yield of rice for the Gilaneh variety was achieved under flooded irrigation treatment combined with the application of 100 kg $ha^{-1}$ of nitrogen fertilizer, resulting in 12.4 T $ha^{-1}$ in 2017 and 4.05 T $ha^{-1}$ in 2018. Increasing the irrigation interval also increased the

* Corresponding author: Majid Ashouri; E-Mail: mashouri48@yahoo.com

© 2025, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

content of macro elements in brown and white rice. The highest protein content in brown rice was recorded at an average of 9.45% from the flooded irrigation treatment, with the application of 100 kg $ha^{-1}$ of nitrogen fertilizer, specifically in the native Hashemi variety. The highest phosphorus in brown rice in the treatment of 7 days of irrigation, 75 kg of nitrogen per hectare in Gilaneh cultivar with a rate of 0.303% and the lowest amount in the treatment of 7 days of irrigation with 50 kg of nitrogen and in Gilaneh cultivar with 0.056 percent and the highest percentage of potassium in white rice in the treatment of 14 days of irrigation, 50 kg of nitrogen per hectare and in Hashemi cultivar with the amount of 0.246 percent and the lowest amount in the flooded treatment with Consumption of 50 kg of nitrogen in Hashemi cultivar was 0.143%.

**Conclusion**

The results of this study showed that the application of nitrogen fertilizer has the ability to increase yield and yield components at all three irrigation levels and in both Hashemi and Gilaneh cultivars. In all three levels of irrigation in this study with increasing nitrogen fertilizer application with increasing vegetative growth, increasing the number of spikes per square meter, number of seeds per spike and paddy yield was observed. Consumption of 100 kg $ha^{-1}$ of nitrogen fertilizer resulted in the highest yield of paddy in both cultivars and all three irrigation levels.

**Keywords:** Irrigation, Potassium, Phosphorus, Rice

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد هجدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۴

https://doi.org/10.22077/escs.2024.4991.2098

*مقاله پژوهشی*

# ارزیابی تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای شیمیایی بر عملکرد، محتوای فسفر و پتاسیم و میزان پرولین برنج تحت شرایط مختلف آبیاری

سجاد عیسی‌پور نخجیری[۱]، مجید عاشوری[۲*]، سیدمصطفی صادقی[۲]، ناصر محمدیان روشن[۳]

۱. دانشجوی سابق دکتری زراعت، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

**مشخصات مقاله**

*واژه‌های کلیدی:*
آبیاری
برنج
پتاسیم
فسفر

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۸/۱۴

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۴

۱۸(۱): ۱-۱۴

**چکیده**

**اعمال مدیریت صحیح نحوه آبیاری و مصرف بهینه کود نیتروژنه در زراعت برنج بسیار مهم و اثرگذار است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر مدیریت مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد، میزان پرولین برگ و محتوای عناصر فسفر و پتاسیم در برنج قهوه‌ای و سفید در سال‌های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در رشت اجرا گردید. آزمایش با طرح کرت‌های دو بار خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آبیاری غرقاب، آبیاری تناوبی با فاصله ۷ و ۱۴ روز در کرت اصلی، مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در کرت فرعی و ارقام هاشمی و گیلانه در کرت فرعی فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله آبیاری، عملکرد دانه کاهش یافت، درحالی‌که مصرف ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن عملکرد دانه را در هر سه سطح آبیاری در مقایسه با سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن افزایش داد. بیش‌ترین میزان فسفر در برنج قهوه‌ای در تیمار ۷ روز آبیاری، ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در رقم گیلانه با میزان ۰/۳۰۳ درصد و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار ۷ روز آبیاری و با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و در رقم گیلانه به میزان ۰/۰۵۶ درصد و بیش‌ترین درصد پتاسیم در برنج سفید در تیمار ۱۴ روز آبیاری، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در رقم هاشمی با میزان ۰/۲۴۶ درصد و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار غرقاب و با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن بود. به نظر می‌رسد مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در هر دو رقم هاشمی و گیلانه توانست در هر سه سطح آبیاری، عملکرد کمی و کیفی دانه را در مقایسه با دو سطح دیگر کود نیتروژن در فواصل آبیاری مختلف افزایش دهد.**

## مقدمه

مصرف آب در برنج نسبت به سایر گیاهان زراعی بیشترین مقدار را دارد و حدود ۸۰ درصد منابع آبی تازه قاره آسیا را مصرف می‌کند (Sadeghnejhad et al., 2018). آب و نیتروژن از عوامل عمده تعیین‌کننده سطح تولیدات کشاورزی در جهان هستند. افزایش تولید و بهره‌وری برنج با کاهش منابع زمین و آب دشوار است. تهیه آب در دنیا دارای محدودیت است، تأمین نشدن آب موردنیاز کشاورزی و بروز تنش خشکی با محدود کردن رشد و تولید در گیاهان زراعی، از خطرات اصلی امنیت غذایی در جهان خواهد شد. تنش خشکی با کاهش فتوسنتز و کاهش انتقال اسمیلات‌ها به سمت دانه، سبب کاهش عملکرد کمی (دانه) در برنج می‌شود (Zubaer et al., 2007). با توجه به کمبود آب در کشور، یافتن روشی از مدیریت آبیاری که بدون تأثیرگذاری بر عملکرد و کیفیت محصول باعث مصرف آب کمتر شود، جهت افزایش راندمان مصرف آن و تولید پایدار برنج ضروری است (Limouchi and Yarnia, 2016).

انتخاب روش آبیاری با فاصله چندروزه (آبیاری تناوبی) به‌جای غرقاب نمودن دائمی شالیزار، یکی از روش‌های کاهش

* نگارنده پاسخگو: مجید عاشوری. پست الکترونیک: mashouri48@yahoo.com

مصرف آب در مزارع برنج است که در آن مزارع به‌طور متوالی خشک و تر می‌شود. حفظ رطوبت خاک شالیزار با این روش آبیاری و نه اشباع بودن دائمی خاک فواید زراعی و اقتصادی بیش‌تری دارد (Yamaji, 2011). آبیاری تناوبی به‌عنوان یک یافته تحقیقاتی مهم جهت کاهش مصرف آب و افزایش راندمان مصرف آب در اراضی شالیزاری معرفی شده است (Sabokrow Foomani et al., 2020). آبیاری با فاصله ۸ روز یک‌بار بهترین تیمار ازنظر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در برنج است (Rezaei et al., 2009).

برای دستیابی به عملکرد بالا، حفظ حاصلخیزی خاک که از طریق مصرف متعادل کودهای شیمیایی حاصل می‌شود، ضروری است. رشد بیش‌تر ناشی از کوددهی بهتر، منجر به پوشش بهتر کانوپی شده و تعرق را افزایش و تبخیر آب از سطح خاک را کاهش می‌دهد. همچنین رشد بهتر بخش‌های هوایی منتج به رشد بهتر ریشه شده، بنابراین دسترسی بهتر به منابع آبی موجود را فراهم می‌کند به عبارتی در زراعت برنج می‌توان با مدیریت در کوددهی نیز تا حدی اثرات تنش خشکی ناشی از محدودیت آب را کاهش داد (Haefele et al., 2016). با اعمال آبیاری تناوبی در برنج به‌صورت ۸ روز یک‌بار و مصرف کود نیتروژن تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار، بدون کاهش عملکرد، می‌توان در مصرف آب و نیتروژن صرفه‌جویی کرد (Sabokrow Foomani et al., 2020). پرولین از مهم‌ترین اسمولیت‌هایی است که در گیاهان برای مقابله با انواع تنش‌های محیطی تجمع می‌یابد و بر همین اساس در بیوسنتز پرولین در شرایط تنش، تغییراتی مانند هیدرولیز پروتئین‌ها و تخریب اکسیداسیون رخ می‌دهد که باعث تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش می‌شود (Yamaji, 2011).

کمبود عناصر ماکرو به‌طور گسترده‌ای در آسیا به‌ویژه در مناطق با محدودیت آب، دیده می‌شود (Gandebe et al., 2017). جذب فعال عناصر در خاک، تحت شرایط مرطوب، تهویه مناسب و گرما، بهتر صورت می‌گیرد. هر عاملی که باعث محدودیت تشکیل و انتقال مواد غذایی و یا مواد لازم برای تنفس گیاه شود، می‌تواند مانع رشد طبیعی گیاه گردد (Hasanzadeh et al., 2012). سازوکارهای جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان مانند جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به‌وسیله پدیده اسمز همگی تابعی از میزان رطوبت در خاک و ریشه است و در صورت کاهش رطوبت، شدت و میزان جذب عناصر غذایی دستخوش تغییرات می‌شوند (Karimi et al., 2020). هر چه مقدار رطوبت خاک افزایش یابد نیتروژن بیشتری به‌وسیله گیاه جذب‌شده و همچنین جذب سایر عناصر مانند فسفر، پتاس، آهن، روی و سایر عناصر ارتباط نزدیکی با میزان رطوبت قابل‌دسترس گیاه دارد (Pirzad et al., 2013). با افزایش تنش کمبود آب جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاهش می‌یابد (Hasanzadeh et al., 2012). این پژوهش با هدف بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری و عنصر نیتروژن در کمیت و کیفیت دانه برنج در مزرعه‌ای در شهر رشت طراحی و اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه‌ای آزمایشی در استان گیلان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی اجرا گردید. تغییرات هواشناسی منطقه موردنظر در طول اجرای این آزمایش ثبت گردید. میزان بارندگی سالیانه حدود ۱۳۰۰ میلی‌متر است. قبل از اجرای آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و آب محل آزمایش در آزمایشگاه بخش آب‌وخاک موسسه تحقیقات برنج رشت، اندازه‌گیری و در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. این آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

**جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش**

**Table 1. Physical and chemical properties of soil in the experiment site**

| Year | سال | پتاسیم K | فسفر P | نیتروژن N | اسیدیته خاک pH | هدایت الکتریکی EC | نوع خاک Soil Type |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ----------ppm---------- | | % | | dS m-1 | |
| 2017 | ۱۳۹۶ | 280 | 17.8 | 0.184 | 7.4 | 1.2 | Si-Cl |
| 2018 | ۱۳۹۷ | 290 | 17 | 0.155 | 7.4 | 1.12 | |

**جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش**

**Table 2. Chemical properties of water which is used in the experiment**

| نوع آب Wate Type | سدیم $Na^+$ | منیزیم $Mg^{2+}$ | کلسیم $Ca^{2+}$ | سولفات $SO_4^{2-}$ | کلر Cl | بی‌کربنات $HCO_3^-$ | کربنات $CaCO_3$ | اسیدیته pH | جامدات محلول در آب TDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------meq $l^{-1}$---------- | | | | | | | | |
| کمی شور برای کشاورزی، تقریباً مناسب C2S1 | 5.4 | 1.8 | 4.2 | 0.42 | 4.4 | 4.6 | 1.2 | 7.3 | 598 |

فواصل آبیاری {غرقاب (I1)، ۷ روز (I2) و ۱۴ روز (I3)} به‌عنوان عامل اصلی و سطوح مختلف کود نیتروژن از منبع کود اوره {۵۰ (N1)، ۷۵ (N2) و ۱۰۰ (N3) کیلوگرم در هکتار} به‌عنوان عامل فرعی و دو رقم اصلاح‌شده گیلانه (C1) و محلی هاشمی (C2) به‌عنوان عامل فرعی فرعی لحاظ شدند. شخم زمستانه برای آماده‌سازی زمین در هر دو سال انجام گرفت.

تهیه خزانه در فروردین‌ماه و تهیه بستر کشت در اوایل اردیبهشت‌ماه انجام گرفت. بذرها پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار در خزانه بذرپاشی شدند. نشاها پس از رسیدن به ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر در تراکم ۱۶ بوته در مترمربع در زمین اصلی در تاریخ ۲۲ اردیبهشت در سال ۱۳۹۶ و در تاریخ ۲۲ اردیبهشت در سال ۱۳۹۷ کشت شدند. نشاکاری با دست صورت گرفت. اندازه واحدهای آزمایشی نه مترمربع (ابعاد کرت ۳× ۳ متر) بود. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش بوتاکلر (سه لیتر در هکتار) به‌صورت پس از کاشت و وجین دستی استفاده شد. کرم ساقه‌خوار برنج به روش بیولوژیک با استفاده از زنبور تریکوگراما کنترل گردید.

جهت اندازه‌گیری عملکرد شلتوک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، مساحت یک مترمربع از هر کرت برداشت شد. دانه‌ها از کاه جدا شده و در آون ۷۵ درجه سلسیوس و به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد (رطوبت ۱۴ درصد) و سپس توزین شدند و عملکرد شلتوک گزارش گردید. جهت تعیین اجزای عملکرد تعداد ۱۶ کپه از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و به‌صورت دستی کف‌بر شده و صفاتی نظیر تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. میزان پروتئین دانه برنج از روی درصد نیتروژن نمونه با استفاده از روش کجلدال تعیین شد. با اندازه‌گیری میزان نیتروژن، میزان پروتئین از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵ به دست آمد (Raei et al., 2015).

اسیدآمینه پرولین به روش بتس (Bates, 1973) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای عناصر درشت‌مغذی در دانه ابتدا پوست‌کنی شلتوک‌ها توسط دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی ساخت شرکت ساتاکه ژاپن انجام گرفت و سپس با دستگاه سفیدکن سایشی ساخت ساتاکه ژاپن به مدت یک دقیقه و نیم‌سفید شدند (Latifi, 2011). سپس برای اندازه‌گیری این عناصر از روش خاکسترگیری خشک استفاده گردید. برای این منظور دو گرم از بذور آسیاب شده برنج قهوه‌ای و سفید در داخل بوته چینی قرار داده و در کوره الکتریکی و ۵۵۰ درجه سلسیوس سوزانده شدند. سپس به هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک دو نرمال افزوده و برای مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. در ادامه با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره دو، نمونه‌ها صاف و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. درنهایت مقادیر عناصر پرمصرف فسفر و پتاسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996). قبل از انجام تجزیه مرکب داده‌ها، به‌منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده شد. تجزیه واریانس و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹/۱ انجام و میانگین صفات موردمطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

### *عملکرد و اجزای عملکرد دانه*

تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که اثر سال بر عملکرد و تعداد خوشه در مترمربع معنی‌دار و بر تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳). برهمکنش سال در رقم، سال در رقم در آبیاری بر تعداد دانه در خوشه و اثر اصلی کود و برهمکنش سال در رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه میانگین

داده‌های تعداد خوشه در واحد سطح در سال ۱۳۹۶ نشان داد که افزایش فواصل آبیاری تعداد خوشه در واحد سطح را در هر دو رقم کاهش داد (جدول ۴). در این سال تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری غرقاب و رقم گیلانه بیش‌ترین تعداد خوشه در واحد سطح معادل ۳۵۲/۴ خوشه و تیمار آبیاری با فاصله ۱۴ روز و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و رقم گیلانه کم‌ترین تعداد خوشه در واحد سطح و معادل ۱۸۵/۴ خوشه را نشان دادند.

**جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب اثر رژیم آبیاری و کود نیتروژن بر صفات موردمطالعه در دو رقم برنج**

**Table 3. Combined analysis of variance for irrigation regimes and N fertilizer on studied trait in two rice cultivars**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | عملکرد شلتوک Yield | تعداد خوشه در مترمربع Number of panicle per m$^2$ | تعداد دانه در خوشه Number of grain per panicle | وزن هزار دانه 1000-seed weight | محتوای پرولین برگ Proline content in Leaf |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سال Year | 1 | 44534.2$^{*}$ | 2656.4$^{*}$ | 15.8$^{ns}$ | 1.03$^{ns}$ | 11.04$^{**}$ |
| بلوک داخل سال R (year) | 4 | 4177.6 | 768.8 | 291.1 | 1.20 | 0.16 |
| آبیاری I | 2 | 2903860.4$^{*}$ | 3833.7$^{ns}$ | 839.3$^{ns}$ | 3.60$^{ns}$ | 156.80$^{**}$ |
| سال×آبیاری Year×I | 2 | 49037.1$^{**}$ | 1922.7$^{*}$ | 280.8$^{ns}$ | 0.50$^{ns}$ | 0.71$^{ns}$ |
| خطای فاکتور آبیاری Erorr I | 8 | 4532.3 | 550.9 | 283.7 | 1.10 | 0.56 |
| کود N | 2 | 20311386.6$^{**}$ | 18536.3$^{*}$ | 755.6$^{ns}$ | 3.30$^{*}$ | 145.90$^{*}$ |
| سال×کود Yera×N | 2 | 1519.7$^{ns}$ | 485.2$^{ns}$ | 108.3$^{ns}$ | 0.10$^{ns}$ | 1.80$^{**}$ |
| آبیاری ×کود I×N | 4 | 164807.8$^{ns}$ | 1904.6$^{ns}$ | 169.8$^{ns}$ | 0.30$^{ns}$ | 71.90$^{**}$ |
| سال×کود×آبیاری Year× I×N | 4 | 60060.2$^{**}$ | 1181.6$^{*}$ | 246.4$^{ns}$ | 0.30$^{ns}$ | 0.40$^{ns}$ |
| خطای فاکتور کود Erorr N | 24 | 5557.3 | 462.9 | 154.1 | 1.20 | 0.30 |
| رقم C | 1 | 24991.3$^{ns}$ | 12139.1$^{ns}$ | 4404.7$^{ns}$ | 124.40$^{ns}$ | 15.20$^{ns}$ |
| سال×رقم Year×C | 1 | 1014.3$^{ns}$ | 3108.1$^{**}$ | 1365.1$^{*}$ | 3.50$^{*}$ | 2.70$^{**}$ |
| آبیاری × رقم I×C | 2 | 584342.2$^{ns}$ | 255.7$^{ns}$ | 229.5$^{ns}$ | 0.40$^{ns}$ | 0.50$^{ns}$ |
| سال×رقم×آبیاری Year×I×C | 2 | 1635287.2$^{ns}$ | 960.7$^{ns}$ | 184.1$^{ns}$ | 0.40$^{ns}$ | 6.30$^{*}$ |
| کود ×رقم N×C | 2 | 133902.2$^{**}$ | 903.3$^{ns}$ | 593.8$^{*}$ | 0.10$^{ns}$ | 0.30$^{ns}$ |
| سال×کود×رقم Year×N×C | 2 | 53665.6$^{**}$ | 1042.7$^{ns}$ | 236.5$^{ns}$ | 1.0$^{ns}$ | 0.22$^{ns}$ |
| آبیاری×کود×رقم I×N×C | 4 | 257668$^{*}$ | 2679.6$^{*}$ | 20.02$^{ns}$ | 1.0$^{ns}$ | 3.50$^{ns}$ |
| سال×رقم×کود×آبیاری Year × I×N×C | 4 | 17678.4$^{*}$ | 363.6$^{ns}$ | 445.4$^{ns}$ | 0.5$^{ns}$ | 1.20$^{*}$ |
| خطای کل Erorr (Total) | 36 | 6079.7 | 384.7 | 191.1 | 0.8 | 0.30 |
| ضریب تغییرات CV(%) | | *2.8* | *7.7* | *13.3* | *3.7* | *6.2* |

**Table 3. Continued** **جدول ۳. ادامه**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | محتوای فسفر در برنج سفید P content in white rice | محتوای فسفر در برنج قهوه‌ای P content in brown rice | محتوای پتاس در برنج سفید K content in white rice | محتوای پتاس در برنج قهوه‌ای K content in brown rice | پروتئین در برنج سفید Protein in white rice | پروتئین در برنج قهوه‌ای Protein in brown rice |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال Year | 1 | 0.00110$^{*}$ | 0.00150$^{*}$ | 0.000014$^{ns}$ | 0.00020$^{*}$ | 0.260$^{ns}$ | 0.0007$^{ns}$ |
| بلوک داخل سال R (year) | 4 | 0.00032 | 0.00058 | 0.0000141 | 0.00070 | 0.170 | 0.030 |
| آبیاری I | 2 | 0.00007 | 0.08100$^{**}$ | 0.0000141$^{ns}$ | 0.03000$^{**}$ | 1.770$^{**}$ | 16.180$^{ns}$ |
| سال×آبیاری Year×I | 2 | 0.00018 | 0.00020$^{ns}$ | 0.0000142$^{ns}$ | 0.00005$^{ns}$ | 0.027$^{ns}$ | 0.008$^{ns}$ |
| خطای فاکتور آبیاری Erorr I | 8 | 0.00052 | 0.00060 | 0.000014 | 0.00001 | 0.130 | 0.024 |
| کود N | 2 | 0.01900$^{**}$ | 0.00040$^{**}$ | 0.000014$^{ns}$ | 0.00060$^{**}$ | 2.100$^{**}$ | 1.65.000$^{**}$ |
| سال×کود Yera×N | 2 | 0.01500$^{**}$ | 0.00350$^{**}$ | 0.0000142$^{ns}$ | 0.00540$^{**}$ | 7.150$^{**}$ | 2.550$^{**}$ |
| آبیاری ×کود I×N | 4 | 0.00130$^{ns}$ | 0.00020$^{ns}$ | 0.0000141$^{ns}$ | 0.00030$^{ns}$ | 0.130$^{ns}$ | 0.040$^{ns}$ |
| سال×کود×آبیاری Year× I×N | 4 | 0.00022$^{ns}$ | 0.00030$^{ns}$ | 0.000014$^{ns}$ | 0.00090$^{*}$ | 0.270$^{ns}$ | 0.110$^{*}$ |
| خطای فاکتور کود Erorr N | 24 | 0.00032 | 0.00006 | 0.0000141 | 0.000201 | 0.055 | 0.010 |
| رقم C | 1 | 0.00020$^{**}$ | 0.00015$^{ns}$ | 0.000014$^{ns}$ | 0.01700$^{**}$ | 4.690$^{**}$ | 2.320$^{**}$ |
| سال×رقم Year×C | 1 | 0.00020$^{**}$ | 0.00016$^{ns}$ | 0.0000142$^{ns}$ | 0.00050$^{ns}$ | 0.029$^{ns}$ | 0.0410 |
| آبیاری × رقم I×C | 2 | 0.00030 | 0.00010$^{ns}$ | 0.000021$^{ns}$ | 0.00020$^{ns}$ | 0.030$^{ns}$ | 0.057 |
| سال×رقم×آبیاری Year×I×C | 2 | 0.00160$^{*}$ | 0.02000$^{**}$ | 0.000011$^{ns}$ | 0.00011$^{ns}$ | 6.500$^{ns}$ | 1.000$^{*}$ |
| کود ×رقم N×C | 2 | 0.00500$^{*}$ | 0.04000$^{**}$ | 0.000014$^{ns}$ | 0.00970$^{**}$ | 4.320$^{**}$ | 0.920$^{**}$ |
| سال×کود×رقم Year×N×C | 2 | 0.01400$^{*}$ | 0.00950$^{**}$ | 0.000014$^{ns}$ | 0.00100$^{**}$ | 11.520$^{**}$ | 1.630$^{**}$ |
| آبیاری×کود×رقم I×N×C | 4 | 0.05100$^{**}$ | 0.00700$^{**}$ | 0.000014$^{ns}$ | 0.00010$^{**}$ | 6.900$^{**}$ | 6.340$^{**}$ |
| سال×رقم×کود×آبیاری Year × I×N×C | 4 | 0.00030 | 0.00050$^{ns}$ | 0.0000141$^{ns}$ | 0.00080$^{ns}$ | 0.008$^{ns}$ | 0.0840$^{ns}$ |
| خطای کل Erorr (Total) | 36 | 0.00012 | 0.00010 | 0.0000142 | 0.00006 | 0.001 | 0.0210 |
| ضریب تغییرات CV(%) | | *6.9* | *7.5* | *14.5* | *11.2* | *6.4* | *10.5* |

$^{ns}$، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

$^{ns}$ ,*and ** non significant and significant at 1% and 5% level, respectively

در سال دوم (۱۳۹۷) تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری غرقاب و رقم گیلانه بیش‌ترین تعداد خوشه در واحد سطح معادل ۲۹۶/۳ خوشه و تیمار آبیاری با فاصله ۱۴ روز و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و رقم هاشمی کم‌ترین تعداد خوشه در واحد سطح و معادل ۲۱۵/۱ خوشه را نشان دادند. رقم گیلانه نیز در مقایسه با هاشمی تعداد خوشه در واحد سطح بالاتری را نشان داد (جدول ۴).

**جدول ۴. مقایسه میانگین تعداد خوشه در مترمربع و عملکرد شلتوک در رژیم آبیاری، کود نیتروژن و رقم**

**Table 5. Mean comparison of Number of panicle per $m^2$ and yield in irrigation regimes, N fertilizer and cultivars**

| آبیاری Irigation | کود نیتروژن N fertilzer | رقم Cultivar | | تعداد خوشه در مترمربع Number of panicle per $m^2$ | | عملکرد شلتوک Yield (T $ha^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ۱۳۹۶ 2017 | ۱۳۹۷ 2018 | ۱۳۹۶ 2017 | ۱۳۹۷ 2018 |
| I1 | N1 | گیلانه | Gilaneh | 246.9$^{de}$ | 243.7$^{efg}$ | 2.56$^{g}$ | 2.19$^{fg}$ |
| I1 | N1 | هاشمی | Hashemi | 246.3$^{de}$ | 223.4$^{ghi}$ | 2.03$^{i}$ | 2.02$^{h}$ |
| I1 | N2 | گیلانه | Gilaneh | 269.8$^{bcd}$ | 282.8$^{b}$ | 3.28$^{c}$ | 3.1$^{d}$ |
| I1 | N2 | هاشمی | Hashemi | 289.6$^{b}$ | 271.8$^{bc}$ | 3.02$^{ef}$ | 3.03$^{de}$ |
| I1 | N3 | گیلانه | Gilaneh | 290.1$^{b}$ | 296.3$^{a}$ | 4.12$^{a}$ | 4.05$^{a}$ |
| I1 | N3 | هاشمی | Hashemi | 352.4$^{a}$ | 278.1$^{b}$ | 3.53$^{b}$ | 3.7$^{b}$ |
| I2 | N1 | گیلانه | Gilaneh | 199.5$^{fg}$ | 254.6$^{de}$ | 2.043$^{i}$ | 2.036$^{h}$ |
| I2 | N1 | هاشمی | Hashemi | 250.6$^{fe}$ | 227.1$^{gh}$ | 2.045$^{i}$ | 2.064$^{gh}$ |
| I2 | N2 | گیلانه | Gilaneh | 272.9$^{bcd}$ | 258.3$^{cd}$ | 2.21$^{h}$ | 2.22$^{f}$ |
| I2 | N2 | هاشمی | Hashemi | 258.5$^{cde}$ | 254.2$^{de}$ | 2.97$^{f}$ | 2.92$^{e}$ |
| I2 | N3 | گیلانه | Gilaneh | 278.1$^{bc}$ | 250.4$^{def}$ | 3.62$^{b}$ | 3.60$^{b}$ |
| I2 | N3 | هاشمی | Hashemi | 279.7$^{bc}$ | 247.9$^{ef}$ | 3.5$^{b}$ | 2.99$^{de}$ |
| I3 | N1 | گیلانه | Gilaneh | 185.4$^{g}$ | 232.3$^{fgh}$ | 1.86$^{j}$ | 1.93$^{i}$ |
| I3 | N1 | هاشمی | Hashemi | 219.8$^{f}$ | 215.1$^{i}$ | 1.52$^{k}$ | 1.54$^{j}$ |
| I3 | N2 | گیلانه | Gilaneh | 241.7$^{ef}$ | 232.2$^{fgh}$ | 2.18$^{h}$ | 2.20$^{f}$ |
| I3 | N2 | هاشمی | Hashemi | 247.4$^{de}$ | 235.4$^{fg}$ | 3$^{f}$ | 3.1d$^{e}$ |
| I3 | N3 | گیلانه | Gilaneh | 269.8$^{bcd}$ | 250.1$^{def}$ | 3.15$^{d}$ | 3.35$^{c}$ |
| I3 | N3 | هاشمی | Hashemi | 287.5$^{b}$ | 253.6$^{de}$ | 3.14$^{de}$ | 3.06$^{d}$ |

I1، I2، I3 به ترتیب آبیاری غرقاب، آبیاری با فاصله ۷ روز و ۱۴ روز، $N_1$، $N_2$، $N_3$ به ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن. مشابه نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها در سطح پنج درصد (آزمون توکی) می‌باشد

I1, I2, I3 according to flood irrigation, irrigation with an interval of 7 days and 14 days, N1, N2, N3 according to the consumption of 50, 75 and 100 kg $ha^{-1}$ of nitrogen fertilizer. Similarity indicates non-significance between treatments at the 5% level (Tukey's test).

تعداد دانه در خوشه تحت تاثیر رقم و مقدار کود قرار گرفت و در تیمار رقم گیلانه و مقدار کود نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با ۱۱۲ دانه در خوشه بالاترین مقدار را داشت (جدول ۵).

بیشترین وزن هزار دانه (۱۰۶/۵ گرم) در تیمار کود نیتروژن به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۶).

مقایسه میانگین داده‌های عملکرد شلتوک در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ روند مشابهی را نشان داد. تیمار آبیاری غرقاب عملکرد شلتوک بالاتری را در مقایسه با فاصله آبیاری ۷ روز و ۱۴ روز نشان داده و این دو سطح سبب کاهش عملکرد شلتوک شده‌اند؛ اما باید اذعان شود که تفاوت عملکرد از آبیاری غرقاب به فاصله ۷ روز در رقم هاشمی و تیمارهای کودی ۵۰ کیلوگرم در هکتار غیر معنی‌دار بود. در تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار این رقم نیز، عملکرد شلتوک در رقم هاشمی در هر سه سطح آبیاری در یک گروه آماری قرار گرفتند. در هر دو رقم موردمطالعه، افزایش مصرف کود نیتروژن عملکرد شلتوک در هر سه سطح آبیاری غرقاب، آبیاری با فاصله ۷ روز و ۱۴ روز را در هر دو سال افزایش داد. بیش‌ترین عملکرد شلتوک رقم گیلانه در تیمار آبیاری غرقاب و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن معادل ۴/۱۲ تن در هکتار در سال ۱۳۹۶ و ۴/۰۵ تن در هکتار در سال ۱۳۹۷ حاصل شد. در رقم هاشمی نیز در همین تیمار، بیش-ترین عملکرد شلتوک معادل ۳/۵۳ و ۳/۷ تن در هکتار به ترتیب در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ مشاهده شد (جدول ۴). کاهش در اسیمیلاسیون $CO_2$، ماده خشک (Farooq et al.,

2008)، سطح برگ (Ramakrishna et al., 2007)، تعداد پنجه بارور (Wang et al., 2016)، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه (Rezaei et al., 2009) اتفاقاتی است که حین تنش خشکی اتفاق افتاده و می‌توانند عملکرد در برنج را کاهش دهند. همچنین تنش خشکی تعرق در برنج را کاهش داده و بر تولید بیوماس و جذب مواد غذایی از طریق جریان تعرق اثر سوء می‌گذارد. به دنبال تنش خشکی و تغییر پی اچ خاک، ناشی از تغییر پتانسیل رداکس خاک، ثبات و یا حلالیت مواد غذایی و یون‌ها تغییر می‌کند، این تغییرات، فعالیت میکروارگانیسم‌های مختلف خاک و همچنین تحولات مواد غذایی را که این میکروارگانیسم‌ها، کاتالیز می‌کنند، تغییر می‌دهد. همه این اتفاقات فراهمی مواد غذایی گیاه را تغییر داده و ممکن است مواد مغذی در دسترس گیاه را از بین برده و یا جذب آن‌ها را کاهش دهد (Haefele et al., 2016)؛ اما مخالف با نتایج پژوهش حاضر در مطالعه‌ای بر روی برنج و دو رژیم رطوبتی غرقاب و متناوب و ۴ سطح ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن گزارش شده است که عملکرد حاصل از دو رژیم آبیاری، تفاوت معنی‌داری نداشته، اما مصرف ۱۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن بر عملکرد شلتوک و شاخص برداشت مؤثرتر از سطوح دیگر کودی بودند (Pan et al., 2017). همچنین عاشوری (Ashouri, 2015) در مطالعه‌ای بر روی گیاه برنج و مقایسه آبیاری غرقاب با آبیاری

**جدول ۵. مقایسه میانگین کود نیتروژن و رقم بر تعداد دانه در خوشه**

**Table 5. Mean comparison of irrigation, N fertilizer and cultivars number of grain per panicle**

| کود نیتروژن N fertilzer | رقم Cultivar | | تعداد دانه در خوشه Number of grain per panicle |
|---|---|---|---|
| N1 | گیلانه | Gilaneh | 106.1$^{bc}$ |
| N1 | هاشمی | Hashemi | 102.01$^{cd}$ |
| N2 | گیلانه | Gilaneh | 107.5$^{b}$ |
| N2 | هاشمی | Hashemi | 89.6$^{e}$ |
| N3 | گیلانه | Gilaneh | 111.7$^{a}$ |
| N3 | هاشمی | Hashemi | 100.1$^{cde}$ |

N1، N2، N3 به ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم معنی‌داری براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد

N1, N2, N3 according to the consumption of 50, 75 and 100 kg ha$^{-1}$of nitrogen fertilizer. Similar letters indicate non-significance based on Tukey's test at the 5% probability level

**جدول ۶. مقایسه میانگین کود نیتروژن بر وزن هزار دانه**

**Table 6. Mean comparison of N fertilizer 1000-seed weight**

| مقدار کود N fertilizer | وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g) |
|---|---|
| N1 | 97.7$^{a}$ |
| N2 | 102.7$^{a}$ |
| N3 | 106.5$^{a}$ |

N1، N2، N3 به ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد (آزمون توکی) می‌باشد.

N1, N2, N3 according to the consumption of 50, 75 and 100 kg ha$^{-1}$of nitrogen fertilizer. Similar letters indicate non-significance based on Tukey's test at the 5% probability

با فاصله ۵، ۸ و ۱۱ روز در چهار سطح مصرف ۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن گزارش کردند که در هر چهار سطح کودی موردمطالعه، عملکرد شلتوک در آبیاری با فاصله ۵ و ۸ روز مشابه با آبیاری غرقاب بود، درحالی‌که این تیمارها آب کم‌تری را مصرف کردند. احتمالاً انتخاب فاصله آبیاری کوتاه‌تر و یا مصرف مقدار کود نیتروژن بیش‌تر در پژوهش‌های گفته‌شده در بالا در مقایسه با پژوهش حاضر علت تفاوت نتایج کسب‌شده باشد. همچنین اگرچه خشک و تر کردن متناوب شالیزار ازنظر مصرف آب و اقتصاد آب به نفع کشاورز است، اما نتایج حاصل از این روش آبیاری در مناطق مختلف به دلیل فاکتورهای خاکی و اقلیمی مختلف، متفاوت است (Yamaji, 2011).

افزایش مصرف کود نیتروژن در این تحقیق، توانست در هر دو رقم و هر سه سطح آبیاری سبب افزایش عملکرد و تعداد خوشه در مترمربع در هر دو سال مطالعه گردد (جداول ۴ و ۵). تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه، عملکرد در برنج را تعیین می‌کنند که در مطالعه حاضر، افزایش هر سه جزء به‌موجب افزایش مصرف کود نیتروژن از ۵۰ به ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در هر سه سطح آبیاری ثبت گردید، این در حالی است که این افزایش در تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه ازنظر آماری غیرمعنی‌دار بود (جدول ۶). تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه در خوشه همسو با افزایش فاصله آبیاری کاهش نشان داده و مصرف ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن این دو جزء را در شرایط آبیاری غرقاب و فاصله آبیاری ۷ روز و ۱۴ روز در مقایسه با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار بهبود داده و با افزایش این اجزاء، عملکرد نیز افزایش یافته و تعدیل افت عملکرد ناشی از بروز تنش خشکی در آبیاری با فواصل ۷ و

۱۴ روز در این دو سطح کود نیتروژن، اتفاق افتاد. مؤثر بودن کود نیتروژن در تعدیل اثرات تنش خشکی در برنج توسط کاستیلو و همکاران (Castillo et al., 2006) و هائیفیلی و همکاران (Haefele et al., 2016) گزارش شده است.

کاستیلو و همکاران (Castillo et al., 2006) ضمن افزایش عملکرد شلتوک، ماده خشک و شاخص برداشت با افزایش مصرف کود نیتروژن در شرایط تنش خشکی، گزارش کردند که در زراعت برنج در مناطق مستعد به تنش خشکی می‌توان با افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن عملکرد شلتوک را افزایش داد که این مهم از طریق افزایش مصرف کود نیتروژن امکان‌پذیر است. همچنین دسترسی مناسب به کود نیتروژن در شرایط تنش، امکان بازیابی رشد پس از رفع تنش را افزایش داده و در جبران افت عملکرد نقش دارد (Prasertsak and Fukai, 1997). افزایش تعداد پنجه، تعداد خوشه، طول خوشه، وزن برگ و وزن ساقه‌ها، عملکرد شلتوک و شاخص برداشت را با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نسبت به شاهد در شرایط تنش و عدم تنش گزارش کردند (Wang et al., 2018).

### *محتوی پرولین برگ*

تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده سال و کود در سطح احتمال یک درصد روی محتوای پرولین برگ معنی‌دار بود. برهمکنش آبیاری و کود، کود و رقم و اثرات سال و رقم و کود و آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین محتوای پرولین برگ از تیمار آبیاری ۱۴ روز در میان و با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در رقم گیلانه به میزان ۱۶/۵۶ میکرومول بر گرم وزن تر به دست آمد که با رقم هاشمی اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین محتوای پرولین برگ در تیمار غرقاب و با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در رقم گیلانه با میزان ۶/۱۱ میکرومول بر گرم وزن تر به دست آمد (جدول ۷).

**جدول ۷. مقایسه میانگین (دو سال) محتوای عناصر فسفر و پتاسیم، پروتئین و محتوای پرولین در رژیم آبیاری، کود نیتروژن و رقم**

**Table 7. Mean comparison (year two) P and K contents, Protein and in irrigation regimes, N fertilizer and cultivars**

| آبیاری Irigation | کود نیتروژن N fertilzer | رقم Cultivar | | محتوای پتاس در برنج سفید K content in white rice | محتوای فسفر در برنج قهوه‌ای P content in brown rice | محتوای فسفر در برنج سفید P content in white rice |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | % | | |
| I1 | N1 | گیلانه | Gilaneh | 0.171$^{f}$ | 0.14$^{d}$ | 0.33$^{d}$ |
| I1 | N1 | هاشمی | Hashemi | 0.143$^{g}$ | 0.24$^{b}$ | 0.24$^{f}$ |
| I1 | N2 | گیلانه | Gilaneh | 0.18$^{ef}$ | 0.17$^{c}$ | 0.35$^{d}$ |
| I1 | N2 | هاشمی | Hashemi | 0.151$^{fg}$ | 0.22$^{b}$ | 0.26$^{ef}$ |
| I1 | N3 | گیلانه | Gilaneh | 0.213$^{cd}$ | 0.15$^{d}$ | 0.37$^{c}$ |
| I1 | N3 | هاشمی | Hashemi | 0.15$^{g}$ | 0.105$^{e}$ | 0.24$^{f}$ |
| I2 | N1 | گیلانه | Gilaneh | 0.24$^{a}$ | 0.096$^{e}$ | 0.32$^{d}$ |
| I2 | N1 | هاشمی | Hashemi | 0.148$^{g}$ | 0.14$^{d}$ | 0.23$^{g}$ |
| I2 | N2 | گیلانه | Gilaneh | 0.246$^{a}$ | 0.303$^{a}$ | 0.3$^{e}$ |
| I2 | N2 | هاشمی | Hashemi | 0.188$^{e}$ | 0.11d$^{e}$ | 0.36$^{cd}$ |
| I2 | N3 | گیلانه | Gilaneh | 0.188$^{e}$ | 0.125$^{d}$ | 0.27$^{e}$ |
| I2 | N3 | هاشمی | Hashemi | 0.151$^{g}$ | 0.236$^{b}$ | 0.31$^{de}$ |
| I3 | N1 | گیلانه | Gilaneh | 0.246$^{a}$ | 0.166$^{cd}$ | 0.35$^{d}$ |
| I3 | N1 | هاشمی | Hashemi | 0.246$^{a}$ | 0.21$^{bc}$ | 0.42$^{ab}$ |
| I3 | N2 | گیلانه | Gilaneh | 0.183$^{e}$ | 0.163$^{c}$ | 0.29$^{e}$ |
| I3 | N2 | هاشمی | Hashemi | 0.24$^{a}$ | 0.196$^{c}$ | 0.47$^{a}$ |
| I3 | N3 | گیلانه | Gilaneh | 0.215$^{c}$ | 0.221$^{b}$ | 0.34$^{d}$ |
| I3 | N3 | هاشمی | Hashemi | 0.23$^{ab}$ | 0.055$^{f}$ | 0.41$^{bc}$ |

**جدول ۷. ادامه**

**Table 7.Continued**

| آبیاری Irigation | کود نیتروژن N fertilzer | رقم Cultivar | | پروتئین در برنج قهوه‌ای Protein in brown rice | پروتئین در برنج سفید Protein in white rice | محتوای پرولین برگ Proline content in Leaf |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | % | | |
| I1 | N1 | گیلانه | Gilaneh | 8.31$^{ab}$ | 8.81$^{bc}$ | 6.11$^{i}$ |
| I1 | N1 | هاشمی | Hashemi | 8.49$^{a}$ | 8.93$^{b}$ | 7.91$^{g}$ |
| I1 | N2 | گیلانه | Gilaneh | 8.49$^{a}$ | 9$^{b}$ | 7.49$^{gh}$ |
| I1 | N2 | هاشمی | Hashemi | 8.89$^{a}$ | 9.04$^{b}$ | 8.07$^{g}$ |
| I1 | N3 | گیلانه | Gilaneh | 9.06$^{a}$ | 9.54$^{ab}$ | 7.55$^{g}$ |
| I1 | N3 | هاشمی | Hashemi | 9.45$^{a}$ | 9.9$^{a}$ | 8.15$^{g}$ |
| I2 | N1 | گیلانه | Gilaneh | 7.39$^{bc}$ | 8.03$^{cd}$ | 8.15$^{g}$ |
| I2 | N1 | هاشمی | Hashemi | 7.76$^{b}$ | 8.05$^{c}$ | 8.08$^{f}$ |
| I2 | N2 | گیلانه | Gilaneh | 7.79$^{b}$ | 8.69$^{c}$ | 9.96$^{f}$ |
| I2 | N2 | هاشمی | Hashemi | 7.83$^{b}$ | 8.73$^{c}$ | 10.16$^{e}$ |
| I2 | N3 | گیلانه | Gilaneh | 8.05$^{b}$ | 8.74$^{c}$ | 9.8$^{f}$ |
| I2 | N3 | هاشمی | Hashemi | 8.2$^{b}$ | 8.83$^{d}$ | 11.47$^{d}$ |
| I3 | N1 | گیلانه | Gilaneh | 4.84$^{d}$ | 6.21$^{e}$ | 7.5$^{g}$ |
| I3 | N1 | هاشمی | Hashemi | 6.36$^{c}$ | 7.3$^{d}$ | 6.88$^{gi}$ |
| I3 | N2 | گیلانه | Gilaneh | 6.54$^{c}$ | 7.45$^{d}$ | 9.25$^{f}$ |
| I3 | N2 | هاشمی | Hashemi | 6.77$^{c}$ | 7.66$^{d}$ | 13.22$^{c}$ |
| I3 | N3 | گیلانه | Gilaneh | 6.86$^{c}$ | 7.68$^{d}$ | 16.56$^{a}$ |
| I3 | N3 | هاشمی | Hashemi | 6.93$^{bc}$ | 7.71$^{d}$ | 16.49$^{b}$ |

$I_1$، $I_2$، $I_3$ به ترتیب آبیاری غرقاب، آبیاری با فاصله ۷ روز و ۱۴ روز، $N_1$، $N_2$، $N_3$ به ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد (آزمون توکی) می‌باشد.

I1, I2, I3 according to flood irrigation, irrigation with an interval of 7 days and 14 days, N1, N2, N3 according to the consumption of 50, 75 and 100 kg ha$^{-1}$ of nitrogen fertilizer, respectively. Similar letters indicate non-significance between treatments at the 5% probability level (Tukey's test)

با افزایش دور آبیاری محتوای پرولین برگ به‌عنوان اصلی‌ترین اسمولیت سازگار به‌طور چشمگیری افزایش نشان داد. با فعالیت اسمولیت‌های سازگار، پتانسیل اسمزی سلول‌ها به دنبال تنش خشکی کاهش می‌یابد که سبب حفظ جریان آب و تورژسانس سلولی می‌شود (Farooq et al., 2008). در شرایط محدودیت آبی، افزایش محتوای پرولین، ناشی از بیوسنتز پرولین از گلوتامیک اسید در سیتوزول و کلروپلاست سلول‌های گیاهی و تخریب پروتئین‌ها و انباشت آمینواسیدهای آزاد جهت تنظیم اسمزی سلول باشد، در این مواقع بالا رفتن محتوای پرولین می‌تواند سبب حفاظت از دیواره سلولی، پروتئین‌ها، مهار گونه‌های فعال اکسیژن و حذف رادیکال‌های آزاد در شرایط کم‌آبی شود. به نظر می‌رسد که قسمتی از بالا رفتن محتوای پرولین با تولید قندهای محلول در ارتباط است؛ به دلیل اینکه یکی از مسیرهای تولید پرولین، گلوتامات است و با افزایش تولید قندهای محلول، میزان گلوتامات افزایش یافته و سنتز پرولین تشدید می‌گردد (Seyed Sharifi et al., 2024).

در پژوهش حاضر تنش خشکی ناشی از آبیاری غیرغرقابی به‌رغم کاهش میزان آب مصرفی می‌تواند سبب مختل کردن انتقال املاح و مواد غذایی به گیاه برنج شود. در این شرایط، به نظر می‌رسد که گیاه به‌منظور ادامه جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی ازجمله پرولین می‌تواند پتانسیل اسمزی خود را کاهش دهد در گیاهان تحت تنش خشکی، پرولین در مقایسه با دیگر آمینواسیدها افزایش نشان می‌دهد علیرغم نقش پرولین به‌عنوان یک اسمولیت، نقش آنتی‌اکسیدانت نیز دارد. تجمع آن در شرایط تنش می‌تواند توانایی آنتی‌اکسیدانی گیاه در تعمیر اثرات تخریبی تنش خشکی را افزایش دهد (Nagaraju et al., 2014).

پرولین حاوی نیترون بوده و بالا رفتن میزان نیتروژن بر مقدار آن می‌افزاید. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد برهمکنش

بین آبیاری و کود در این آزمایش برای صفت پرولین معنی‌دار شده بود. تنش کم‌آبی و مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان معنی‌دار بود و گیاه در مرحله گلدهی نسبت به تنش کم‌آبی بیشترین حساسیت را داراست و مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین عملکرد را داشت. در کل، در دسترس بودن آب و نیتروژن کافی دو عامل بسیار مهمی هستند که بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی اثر می‌گذارند (Rajala et al., 2009).

### پروتئین دانه

تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده آبیاری و کود و رقم در سطح احتمال یک درصد در پروتئین برنج سفید و اثر ساده کود (احتمال ۵ درصد) و رقم (سطح احتمال یک درصد) در برنج قهوه‌ای معنی‌دار بود. برهمکنش آبیاری و کود و رقم در پروتئین سفید و قهوه‌ای (در سطح احتمال یک درصد) معنی‌دار بود (جدول ۳). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین تیمار رژیم‌های آبیاری، کود نیتروژن، رقم، اثر متقابل کود نیتروژن با آبیاری، اثر متقابل آبیاری با رقم، اثر متقابل رقم با کود، اثر متقابل سه عامل با هم و اثر متقابل هر سه عامل با سال برای هر دو برنج سفید و قهوه‌ای در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین میزان پروتئین دانه در برنج قهوه‌ای با میانگین ۹/۴۵ درصد از تیمار آبیاری غرقاب، با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در رقم بومی هاشمی به دست آمد و کم‌ترین درصد پروتئین از تیمار ۱۴ روز آبیاری متناوب و مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در رقم اصلاح‌شده گیلانه با میانگین ۴/۸۴ درصد به دست آمد. همچنین این مقدار در برنج سفید با میانگین ۹/۹ درصد از تیمار آبیاری غرقاب، با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در رقم بومی هاشمی به دست آمد و کم‌ترین درصد پروتئین از تیمار ۱۴ روز آبیاری متناوب و مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در رقم اصلاح‌شده گیلانه با میانگین ۷/۶۸ درصد به دست آمد (جدول ۷).

با افزایش مصرف کود نیتروژن، محتوای نیتروژن در برگ‌های گیاه به‌عنوان مهم‌ترین اندامی که در آن فتوسنتز اتفاق می‌افتد، بالا می‌رود. محتوای نیتروژن برگ ارتباط نزدیکی با پروسه‌های فتوسنتزی داشته و روی عملکرد اثر مثبت می‌گذارد (Wang et al., 2018). رقم بومی میزان پروتئین دانه بیشتری را نشان داد. افزایش غلظت نیتروژن در برگ گیاه، شدت کربن‌گیری در گیاه را افزایش می‌دهد و موجب افزایش پروتئین و افزایش وزن دانه می‌گردد (Mengel and Kirkby, 2001).

### عناصر ماکرو (درشت‌مغذی) دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد بین تیمار رژیم‌های آبیاری، کود نیتروژن و رقم بر عناصر فسفر (برنج قهوه‌ای و سفید) و پتاس (برنج قهوه‌ای) اثر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین فسفر در برنج قهوه‌ای در تیمار ۷ روز آبیاری، ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در رقم گیلانه با میزان ۰/۳۰۳ درصد و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار ۷ روز آبیاری و با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و در رقم گیلانه به میزان ۰/۰۵۶ درصد به دست آمد (جدول ۷). این عنصر همچنان در برنج سفید بیش‌ترین مقدار آن ۰/۴۷ درصد در تیمار ۱۴ روز آبیاری با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار و در رقم هاشمی به دست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین درصد پتاسیم در برنج سفید در تیمار ۱۴ روز آبیاری، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در رقم هاشمی با میزان ۰/۲۴۶ درصد و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار غرقاب و با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و در رقم هاشمی به میزان ۰/۱۴۳ درصد به دست آمد (جدول ۷).

جذب عناصر با توجه به رقم، زمان مصرف، روش مصرف و مدیریت کودی می‌توانند متفاوت باشند. برنج اصلاح‌شده دارای پتانسیل بالاتر جذب و استفاده از عناصر خاک به دلیل سیستم ریشه‌ای قوی‌تر است و قدرت بالاتر ریشه به دلیل تولید بیوماس کل بیشتر ازنظر پنجه‌زنی و سطح برگ بیشتر راندمان بالاتری جهت انتقال مواد از منبع به مخزن را دارد (Malakouti et al., 2000). محققین برای افزایش جذب پتاس در گیاه بیان داشتند که در شرایط تنش خشکی، تر و خشک شدن متوالی و طولانی در خاک باعث رها شدن از بین لایه‌های رسی شده و غلظت یون پتاسیم در خاک افزایش می‌یابد که این پدیده جذب پتاسیم را بیشتر می‌کند (Logan et al., 1997).

## نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مصرف کود نیتروژن توانایی افزایش اجزای عملکرد و عملکرد را در هر سه سطح آبیاری و در هر دو رقم هاشمی و گیلانه دارد. در هر سه سطح

آبیاری انجام‌شده در این تحقیق با افزایش مصرف کود نیتروژن با افزایش رشد رویشی، افزایش تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و عملکرد شلتوک مشاهده شد. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن سبب کسب بالاترین عملکرد شلتوک در هر دو رقم و هر سه سطح آبیاری گردید. رقم اصلاح‌شده گیلانه از رقم هاشمی بیش‌تر به افزایش کود نیتروژن در هنگام افزایش فواصل آبیاری پاسخ داده و عملکرد بالاتری را ثبت کرد. مصرف کود نیتروژن همچنین بر غلظت عناصر درشت مغذی دانه در برنج قهوه‌ای و سفید مؤثر بوده و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم را در دانه دو رقم افزایش داد. مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تیمار ۷ روز آبیاری سبب افزایش میزان فسفر در برنج قهوه‌ای در بیشترین مقدار (۰/۳۰۳ درصد) شد. بیش‌ترین درصد پتاسیم در برنج سفید در تیمار ۱۴ روز آبیاری، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در رقم هاشمی با میزان ۰/۲۴۶ درصد به دست آمد.

## منابع


Ashouri, M., 2015. The effect of different irrigation regimes and nitrogen levels on some of rice growth analysis in north of Iran. International Journal of Chemical, Environmental and Biological Sciences. 3, 2320–4087. https://doi.org/10.7763/IJBBB.2012.V2.70

Bates, L.S., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39, 205-207.

Castillo, E.G., T.P. Tuong. U,. Singh. K,. Inubushi., Padilla, J., 2006. Drought response of dry-seeded rice to water stress timing and N-fertilizer rates and sources. Soil Science and Plant Nutrition. 52, 496-508. https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2006.00064.x

Emami, A., 1996. Methods of Plant Analysis (Volume I). Soil and Water Research Institue. 2(982). 128p. [In Persian].

Farooq, M., S. Basra. A., Wahid. Z., Cheema. M., Khaliq, A., 2008. Physiological role of exogenously applied glycinebetaine to improve drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Agronomy and Crop Science. 194, 325-333. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00323.x

Gandebe, M., A. Ngakou., Ndjouenkeu, R., 2017. Changes in Some Nutritional and mineral components of Nerica rice varieties as affected by field application with mycorrhiza and chemical fertilizer in northern Cameroon. Food and Nutrition Sciences. 8, 823-839. https://doi.org/10.4236/fns.2017.88059

Haefele, S. M., Kato, Y., Singh, S., 2016. Climate ready rice: augmenting drought tolerance with best management practices. Field Crops Research. 190, 60-69. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.02.001

Hasanzadeh, E., Ghajar Sepanlo, M., Bamanyar, M. A., 2012. The effect of using potassium and animal manure on the yield and concentration of some commonly used elements In wheat under water stress. European Journal of Experimental Biology. 2(3), 520-524.

Karimi, A., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., Nosrati, I., 2020. Study the effect of not-irrigation at different growth stages of corn on content and amount of grain's elements. Envirnmental Stresses In Crop Sciences. 12, 749-652. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22077/escs.2020.2261.1577

Latifi, A. 2011. Effect of drying temperature and paddy final moidture on milling qulity of three rice varieties. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 102, 71-75. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/AJ.2014.100931

Limouchi, K., Yarnia, M., 2016. The effect of drought stress on the yield stability and grain field elements of aerobic rice genotype in the north of khouzestan. Applied Field Crops Research. 29(4), 60-71. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/aj.2017.108411.1094

Logan.T.J., Goins Jlindsay, B., 1997. Field assessment of trace element uptake by six vegetables from N-viro soil. Water Environmental Research, 69, 28-33.

Malakouti, M.J., 2000. Requirement for inhibition of potassium depletion from the paddy land soils of North Country. Ministry of Agriculture publication. Technical Issue. No, 62. [In Persian].

Mengel, K., Kirkby, E. A., 2004. Principles of plant nutrition. Dordrecht: Kluwer Academic

Publishers. (hardback). 849 p. https://doi.org/10.1093/aob/mch063

Nagaraju, N., Bandaru, V.R., Tarakeswara, N.M., Srinivasa, R.D., 2014. Weed flora and diversity of rice agro-ecosystems in Visakhapatnam district of Andhra Pradesh. India. International Journal of Current Research, 6, 8018-8022.

Pan, J., Y. Liu. X., Zhong. R.M., Lampayan. G.R., Singleton. Huang, N., Tian, K., 2017. Grain yield, water productivity and nitrogen use efficiency of rice under different water management and fertilizer-N inputs in South China. Agricultural Water Management. 184, 191-200. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.01.013

Pirzad, A., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, S,A., 2013. Effects of water stress on some nutrients uptake in *Matricaria chamomilla* L. Applied Field Crop Research. 28(106), 1-7. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22092/aj.2015.105662

Prasertsak, A. Fukai, S., 1997. Nitrogen availability and water stress interaction on rice growth and yield. Field crops research. 52, 249-260. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00016-6

Rajala, A., Hakala, K., Makela, P., Muurinen, S., Peltonen- Sainio, P., 2009. Spring Wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Research. 11, 56-69. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.08.007

Ramakrishna, Y., Singh, S., Parihar,S., 2007. Influence of irrigation regime and nitrogen management on productivity, nitrogen uptake and water use by rice (*Oryza sativa*). Indian Journal of Agronomy. 52, 102-106. https://doi.org/10.59797/ija.v52i2.4901

Rezaei, M., Vahed, H.S., Amiri, E., Motamed, M.K., Azarpour, E., 2009. The effects of irrigation and nitrogen management on yield and water productivity of rice. World Applied Sciences Journal. 7, 203-210.

Sabokrow Foomani, K., Valad Abadi, S.A., Kavoosi, M., Zakerin, H., Yazdani. M., 2020. Effect of irrigation interval and nitrogen amount on water requirement, and growth of rice (*Oryza sativa* l.) Hashemi cultivar under Gilan climate conditions. Journal of Agroecology. 12(2), 281-298. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22067/JAG.V12I2.75192

Sadeghnejhad, N., Tabrizi, A. A., Esmaeilzadeh, E., Taghvaei, F., 2018. Studying the effect of intermittent irrigation on the yield and yield components of Tarem Hashemi rice in Joybar city. The 18th National Rice Conference of the country. Sari University of Agriculture and Natural Resources. November 28 and 29. [In Persian].

Seyed Sharifi, R., Seyed Sharifi, R., Khalil Zadeh, R., 2024. Effects of vermicompost and nano silicon on yield and some physiological and biochemical traits of safflower (*Carthamus tinctories* L.) under irrigation withholding condition. Environmental Stresses in Crop Sciences. 17, 1-16. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22077/escs.2023.4884.2085

Wang, J., Lu, Y.P., Wang, J., Xu, R.X., Li, J., Hu. W., Tian, X.H., 2018. Effects of elevated nitrogen application on nitrogen partitioning, plant growth, grain quality and key genes involved in glutamate biosynthesis among three rice genotypes. Chilean Journal of Agricultural Research. 78, 152-164.

Wang, Z., Zhang, W., Beebout, S.S., Zhang, H., Liu, L., Yang, J., Zhang, J., 2016. Grain yield, water and nitrogen use efficiencies of rice as influenced by irrigation regimes and their interaction with nitrogen rates. Field Crops Research. 193, 54-69. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.03.006

Yamaji, E., 2011. Achieving more with less water: alternate wet and dry Irrigation (AWDI) as an alternative to the conventional water management practices in rice farming. Journal of Agricultural Science. 3, 1-11. https://doi.org/10.5539/jas.v3n3p3

Zubaer, M., Chowdhury A., Islam, M., Ahmed, T., Hasan, M., 2007. Effects of water stress on growth and yield attributes of aman rice genotypes. International Journal of Sustainable Crop Production. 2, 25-30.