



Effects of Irrigation Methods and Nutrient Foliar on Yield, Yield Components, and Quality Characteristics of Rice

Nematollah Sedaghat^{1✉} | Abbass Biabani² | Mortaza Nasiri³ |
Allahyar Fallah⁴ | Nahid Fathi⁵

1. Corresponding Author, Agricultural Jihad Management in Amol, Amol, Iran. E-mail: sedaghat@pishkar.me
2. Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Crop Sciences, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: Abbas.biabani@gonbad.ac.ir
3. Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Amol, Iran. E-mail: m.nasiri@areeo.ac.ir
4. Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Amol, Iran. E-mail: a.fallah@areeo.ac.ir
5. Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Amol, Iran. E-mail: nahidfathi21@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received: 25 June 2021

Received in revised form:
31 January 2022

Accepted: 20 February 2022

Published online:
17 December 2022

Keywords:

Irrigation methods,
nutrient foliar,
paddy yield,
quality characteristics,
rice.

ABSTRACT

Water plays a very important role in the rice plant. In order to investigate the effects of irrigation methods and foliar application of nutrients on growth, yield, yield components, and quality of rice, an experiment has been conducted as split plots layouts based on a randomized complete block design with three replications and two factors including three irrigation methods (flooding, alternate wetting, drying, and saturating) in the main plots as well as foliar spray in six levels (normal water, nitrogen, nitrogen+ potassium, nitrogen+ potassium+ zinc, nitrogen+ potassium+ zinc+ boron and nitrogen+ potassium+ zinc+ boron+ molybdenum) in the sub plots during 2018, in rice research institute, the deputy of Mazandaran (Amol), executed on a national cultivar. Results show that among irrigation method, fertilizer, and their interaction, paddy yield and percentage of amylose have been significantly at ($p < 0.01$) percent with other qualitative traits being significant at ($p < 0.01$) percent. The highest number of floret per panicle (198.73) and full grain (167.15), and percentage of amylose (21.67%) are obtained in saturated irrigation. The highest yield of paddy with an average of 6643.07 kg.ha⁻¹ occurs in saturated irrigation under normal water foliar application and drought and moisture. Irrigation under nitrogen + potassium + zinc foliar irrigation with an average of 6163.13 kg.ha⁻¹ compared to the control is obtained as the superior treatment in similar conditions were selected for this study.

Cite this article: Sedaghat, N., Biabani, A., Nasiri, M., Fallah, A., & Fathi, N. (2022). Effects of Irrigation Methods and Nutrient Foliar on Yield, Yield Components, and Quality Characteristics of Rice. *Journal of Crops Improvement*, 24 (4), 1051-1067. DOI: <http://doi.org/10.22059/jci.2022.326144.2572>



اثر روش‌های آبیاری و محلول‌پاشی عناصر غذایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی برنج

نعمت‌اله صداقت^۱ | عباس بیابانی^۲ | مرتضی نصیری^۳ | الهیار فلاح^۳ | ناهید فتحی^۴

۱. نویسنده مسئول، دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان آمل، آمل، ایران. رایانامه: sedaghat@pishkar.me
۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: Abbas.biabani@gonbad.ac.ir
۳. مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران. رایانامه: m.nasiri@areeo.ac.ir
۴. مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران. رایانامه: a.fallah@areeo.ac.ir
۵. مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران. رایانامه: nahidfathi21@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

آب نقش بسیار مهمی در گیاه برنج دارد و به‌منظور بررسی اثر روش‌های آبیاری و محلول‌پاشی عناصر غذایی بر عملکرد برنج، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و دو عامل شامل روش‌های آبیاری در سه سطح (غرقابی، تناوبی خشکی و رطوبت و اشباع) در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی با عناصر غذایی در شش سطح (شاهد، نیتروژن، نیتروژن+ پتاسیم، نیتروژن+ پتاسیم+ روی، نیتروژن+ پتاسیم+ روی+ بور و نیتروژن+ پتاسیم+ روی+ بور+ مولیبدن) در کرت‌های فرعی در سال ۱۳۹۷ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران (آمل) روی رقم برنج کشوری اجرا شد. نتایج نشان داد که از نظر روش آبیاری، کود و برهم‌کنش آن‌ها، عملکرد شلتوک و درصد آمیلوز در سطح احتمال یک درصد و سایر صفات کیفی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین تعداد گلچه در خوشه (۱۹۸/۷۳)، دانه پر (۱۶۷/۱۵)، درصد آمیلوز (۲۱/۶۷ درصد) برای آبیاری اشباع حاصل شد. بالاترین عملکرد شلتوک با میانگین ۶۶۴۳/۰۷ کیلوگرم در هکتار در آبیاری اشباع در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن+ پتاسیم و آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن+ پتاسیم+ روی با میانگین ۶۱۶۳/۱۳ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد به‌دست آمد که به‌عنوان تیمار برتر در شرایط مشابه این پژوهش انتخاب شدند.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶

کلیدواژه‌ها:

برنج، روش آبیاری، صفات کیفی، عملکرد شلتوک، محلول‌پاشی عناصر غذایی.

استناد: صداقت، ن، بیابانی، ع، نصیری، م، فلاح، ا، و فتحی، ن (۱۴۰۱). اثر روش‌های آبیاری و محلول‌پاشی عناصر غذایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی برنج. *به‌زرعی کشاورزی*، ۲۴ (۴)، ۱۰۶۷-۱۰۵۱. DOI: <http://doi.org/10.22059/jci.2022.326144.2572>



۱. مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین محصولات زراعی دنیاست (Gilani, 2010; Gush *et al.*, 2015). این گیاه پس از گندم دومین غله مهم بوده (Arif *et al.*, 2013; Champagne *et al.*, 2010) و در بخش‌های وسیعی از سرتاسر دنیا کشت می‌شود. برنج غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان است (Briffaz *et al.*, 2014; Pandey *et al.*, 2014). گیاهان تحت شرایط طبیعی و زراعی همیشه در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند. در این میان کمبود آب، مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد محصولات زراعی بیش‌تر نقاط جهان و ایران است (Akbari *et al.*, 2016). یکی از چالش‌های اصلی در کشاورزی، تولید غذای بیش‌تر با آب کم‌تر است (Tuyan & Prasad, 2008; Sedaghat *et al.*, 2018). با توجه به این که آبیاری با روش غرقاب دائم باعث مصرف بیش از نیاز واقعی آب می‌شود، یکی از راه‌های غلبه بر این مشکل استفاده از روش‌های آبیاری تناوبی است (Asadi *et al.*, 2004). یکی از روش‌های آبیاری برنج آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت بوده که با به‌کارگیری آن ۵۰-۲۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود. همچنین کاهش ارتفاع آب در لوله به عمق ۱۰-۵ سانتی‌متر زیر سطح خاک باعث کاهش عملکرد برنج نخواهد شد (Avil Kumar & Rajitha, 2019). آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت باعث کاهش مصرف آب به میزان ۵۷ درصد، افزایش تعداد دانه پر به میزان ۱۱ درصد و افزایش پنجه‌های مؤثر مؤثر در کپه به میزان ۱۴ درصد شد (Katharine *et al.*, 2015).

اکثر عملیات زراعی از قبیل نشاکاری، کوددهی، سم‌پاشی و کنترل علف‌های هرز بدون وجود آب کافی ناممکن می‌باشد (Iguaz *et al.*, 2005). در اراضی شمال کشور روند مصرف و بهره‌وری آب آبیاری برنج تحت روش‌های مختلف آبیاری، نقش بسیار مهمی در صرفه‌جویی مصرف آب و همچنین بهره‌وری آب آبیاری دارد (Sedaghat *et al.*, 2016). همچنین پژوهش دیگری نتایج نشان داد که تیمار مربوط به اشباع دائم خاک در دوره رشد برنج، بیش‌ترین میزان بهره‌وری آب را نسبت به سایر تیمارها به خود اختصاص داده است و ضرورت ندارد تمام مراحل رشد برنج، مزرعه به‌صورت غرقاب باشد (Stayashi *et al.*, 2011).

Roderick *et al.* (2011) نتیجه گرفتند که روش کم‌آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت در حدود ۳۸ درصد در مصرف آب آبیاری شالیزار صرفه‌جویی شده بدون این که عملکرد و سود کشاورزان کاهش یابد. در آزمایش‌های جداگانه‌ای در چین نتیجه‌گیری شد که رژیم آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت، به میزان ۷-۲ درصد باعث افزایش عملکرد برنج در واحد سطح شده است (Mao & cui, 2001). در پژوهش دیگری روی برنج مشاهده شد که رقم طارم و شیرودی، بیش‌ترین عملکرد در غرقاب دائم رخ داد که مقدار آن به‌ترتیب برای رقم طارم ۳/۴۲۱۰ کیلوگرم در هکتار و برای رقم شیرودی ۶۷۹۹/۷ کیلوگرم در هکتار بود (Arabzadeh, 2003). آبیاری به‌صورت تناوبی می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید، حفظ منابع آبی، باعث افزایش راندمان مصرف نیتروژن نیز شود (Thakur *et al.*, 2014).

محلول‌پاشی در مراحل حداکثر پنجه‌زنی و غلاف‌رفتن تا مرحله گلدهی برنج؛ با افزایش تعداد و دوام برگ، تولید پنجه‌های مؤثر، افزایش تجمع نیتروژن، ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی، افزایش تعداد خوشه و درصد باروری خوشه‌ها، موجب افزایش تولید کربوهیدرات و عملکرد شلتوک شد. درحالی‌که اگر محلول‌پاشی تا مرحله گل‌دهی و پس از آن به تعویق افتد، افزایش اندازه دانه و میزان پروتئین را به‌دنبال خواهد داشت (Bly & Woodard, 2003). در بین صفات کیفی، درصد آمیلوز از جمله عوامل شیمیایی اصلی و تعیین‌کننده کیفیت ارقام برنج می‌باشد (Jin *et al.*, 2005). مهم‌ترین عواملی که قبل از تبدیل روی کیفیت و درصد خرد دانه تأثیر می‌گذارند، شامل رقم و ویژگی‌های فیزیکی دانه، اثر عوامل محیطی در دوره رسیدن دانه، مدیریت زراعی و به‌ویژه مدیریت آبیاری در طی مراحل کاشت، داشت، برداشت و عملیات خرمن‌کوبی محصول می‌باشند (Hedayatipour *et al.*, 2005).

Rashidi *et al.* (1990) با بررسی اثرات اعمال کم‌آبیاری تنظیم‌شده بر ویژگی‌های کیفی برنج نشان دادند که روش خشکه‌کاری و نشایی در برخی خصوصیات کیفی مورد اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری دارند. روش نشایی در مقایسه با خشکه‌کاری باعث افزایش میزان آمیلوز و غلظت ژل دانه رقم فجر شده است و اعمال تیمارهای کم‌آبیاری بر دمای ژلاتینه‌شدن دانه برنج اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نشان داده است. واردشدن تنش کم‌آبی به گیاه موجب بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش مصرف آب توسط گیاه و ترشح هورمون‌هایی مانند آبسسیک اسید (ABA) می‌شود. ترشح چنین هورمون‌هایی در گیاه موجب بهبود در کیفیت محصول می‌شود (Yosefiyan *et al.*, 2018). ویژگی‌ها و کیفیت دانه برنج تا حد زیادی بستگی به ویژگی‌های پخت، شکل، عطر و طعم آن داشته (Rahimsouroush *et al.*, 2007) و تحت تأثیر عوامل محیطی و صفات ارثی قرار می‌گیرد (Khush, 2004). مقدار آمیلوز، دمای ژلاتینه‌شدن و قوام ژل از عوامل تعیین‌کننده کیفیت پخت هستند که به روش‌های شیمیایی ارزیابی می‌شوند که از بین آن‌ها مقدار آمیلوز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Rahimsouroush *et al.*, 2005). Fallah *et al.* (2012) نتیجه گرفتند که لاین ۳۰۶ با طول ۷/۸۰ میلی‌متر بیش‌ترین طول دانه قبل از پخت و لاین ۲۰۴ با ۶/۱۳ میلی‌متر کم‌ترین طول دانه قبل از پخت را دارا بودند. طول دانه قبل از پخت لاین 306، در مقایسه با رقم طارم محلی ۲/۱۰ درصد بیش‌تر بود اما طول دانه قبل پخت رقم کوهسار ۲/۸ درصد بیش‌تر از طارم محلی بود. (Oko *et al.*, 2012) در آزمایشی روی برنج، بیش‌ترین درصد آمیلوز را در رقم Awilo با ۲۵/۵۱ درصد و کم‌ترین آن را در رقم Faro 15 با ۱۹/۸۱ درصد به‌دست آوردند. از آنجایی که میزان کاهش در کیفیت دانه برنج و افزایش ضایعات آن در آینده و در سطح کشور امری اجتناب‌ناپذیر است، بنابراین سهم نسبی آن بسته به ویژگی‌های ژنوتیپ و شرایط آبیاری می‌تواند متفاوت باشد (Limouchi *et al.*, 2016). بنابراین هدف این پژوهش بررسی اثر روش‌های آبیاری و کاربرد محلول‌پاشی برگری برخی از عناصر غذایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی برنج جهت انتخاب تیمار برتر بود.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (آمل) با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی به‌صورت اسپلٹ پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. داده‌های هواشناسی در دوره آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی طی ماه‌های فروردین تا شهریور در شهرستان آمل در ۱۳۹۷

ماه	میانگین حداکثر دما ماهانه (°C)	میانگین حداقل دما ماهانه (°C)	میانگین دمای ماهانه (°C)	بارش ماهانه (mm)	میانگین رطوبت نسبی (%)	تبخیر ماهانه (mm)
فروردین	۱۸/۶	۱۰/۳	۱۴/۵	۴۴/۵	۷۸/۲۹	۷۸/۶
اردیبهشت	۲۴/۲	۱۶	۲۰/۱	۵۲/۲	۷۶/۹۳	۱۱۴
خرداد	۲۸/۱	۲۰/۴	۲۴/۲	۳/۵	۷۷/۹۳	۱۷۹/۴
تیر	۳۱/۵	۲۱/۸	۲۶/۷	۵/۸	۷۷/۵۵	۱۹۰/۹
مرداد	۳۴/۱	۲۳/۲	۲۸/۶	۱۱/۸	۷۴/۶۲	۲۰۳/۴
شهریور	۳۱	۲۲/۵	۲۷/۶	۳۸/۵	۷۶/۷۱	۱۶۷/۸

آزمایش با سه تکرار و دو عامل، روش‌های مختلف آبیاری {غرقابی^۱، تناوبی خشکی و رطوبت (AWD)^۲ و اشباع^۳} به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی عناصر غذایی به‌عنوان عامل فرعی روی رقم کشوری انجام شد. رقم کشوری از ارقام پرمحصول، متوسط‌رس، پاکوتاه، دانه بلند برنج بوده و طول دوره رشد متوسط و دارای کیفیت خوب از نظر فیزیکی (طول و شکل دانه و راندمان تبدیل) و شیمیایی (محتوای آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینی‌شدن و قوام ژل) می‌باشد (Tajadodi Talab *et al.*, 2013). در روش آبیاری غرقابی به‌طور مداوم ارتفاع آب ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد اما در روش آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت، رطوبت خاک با اندازه‌گیری روزانه ارتفاع آب در لوله‌های مشبک تعبیه‌شده در داخل خاک و کاهش آب به عمق ۱۵ سانتی‌متر زیر سطح خاک و آبیاری دوباره تا پنج سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک، تنظیم شد. ارتفاع آب در آبیاری اشباع، پنج سانتی‌متر در نظر گرفته و به محض این که به صفر رسید دوباره آبیاری صورت گرفت.

عامل فرعی محلول‌پاشی عناصر غذایی در شش سطح با مشخصات ذیل بوده که هر کدام به نسبت پنج در هزار در دو مرحله گل‌دهی (۵۰ درصد گل‌دهی) و ۱۵ روز پس از آن به شرح زیر برای تمام کرت‌ها به‌طور یکنواخت محلول‌پاشی شد (Nasiri, 2016). محلول غذایی براساس درصد خالص هر یک از عناصر غذایی موجود در ترکیب کودی هر یک از تیمارها تهیه شده است. برای کالیبره کردن دستگاه سمپاش شارژی ۲۰ لیتری ابتدا مقدار محلول موردنیاز برای هر کرت مشخص شد و در غروب محلول‌پاشی صورت گرفت.

۱. آب معمولی (شاهد)

۲. نیتروژن (اوره ۴۶ درصد نیتروژن) (N)

۳. نیتروژن + پتاسیم (کلرید پتاسیم ۶۰ درصد پتاسیم) (N+K)

۴. نیتروژن + پتاسیم + روی (سولفات روی ۳۴ درصد روی) (N+K+ZN)

۵. نیتروژن + پتاسیم + روی + بور (اسید بوریک ۱۷ درصد بور) (N+K+ZN+B)

۶. نیتروژن + پتاسیم + روی + بور + مولیبدن (مولیبدات سدیم) (N+K+ZN+B+Mo)

مساحت زمین اصلی جهت نشاکاری ۱۰۰۰ متر مربع بود. حدود سه ماه قبل از انجام آزمایش، اولین شخم و در اواسط اردیبهشت‌ماه، شخم دوم (عمود بر شخم اول) انجام شد. به‌منظور جلوگیری از نشت جانی، مرزها کرت‌ها با پوشش نایلونی کاملاً پوشیده شده و کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک و توصیه فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات‌تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هر هکتار به‌صورت یکنواخت در تمام کرت‌ها اعمال شد. به‌عبارت دیگر تمامی کود فسفات، نصف کود پتاسه و ۴۰ درصد کود ازته در مرحله پایه قبل از نشاکاری و مابقی کود ازته طی دو مرحله در وجین اول و دوم و کود پتاسه حدود ۴۰ روز پس از نشاکاری مصرف شد (جدول ۲).

خزانه به‌صورت ایستگاهی با پوشش نایلونی در اواخر فروردین‌ماه تهیه و مدیریت خزانه همانند دیگر خزانه‌های سنتی اعمال شد. نشاکاری با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی‌متر، گیاهچه‌ها در مرحله ۳-۴ برگی (ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر به‌صورت سه بوته در هر کپه در اواخر اردیبهشت‌ماه نشاکاری شدند. روش آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت، ۱۴ روز بعد از نشاکاری اعمال شد و تا قبل از اعمال آن، آبیاری همانند روش معمول (غرقاب) انجام شد. هم‌چنین در این روش اعمال آبیاری، با توجه به اهمیت زیاد آب در مرحله گل‌دهی و به‌منظور جلوگیری از عقیم‌شدن گلچه‌ها، از یک هفته قبل تا یک هفته بعد از گل‌دهی، مزرعه به‌صورت غرقاب همانند شاهد آبیاری انجام شد. به‌عبارت دیگر، در مزرعه آزمایشی ۱۴ روز پس از نشاکاری و ۱۴ روز هم در مرحله گلدهی برنج (در مجموع ۲۸ روز) آبیاری غرقابی صورت گرفت.

1. Flooding
2. Alternate Wet and Drying
3. Saturating

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در قطعه آزمایشی

هدایت الکتریکی (dSm ⁻¹)	واکس خاک	مواد خنثی شوینده (%)	کربن آلی (%)	نیترژن کل (%)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	ریس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک
۰/۸۶	۷	۳۶/۴	۳/۴	۰/۳	۸/۶	۱۱۸	۴۰	۳۰	۳۰	رسی

مبارزه با آفت کرم ساقه‌خوار برنج در مرحله اول به‌علت آلودگی کم، انجام نشد؛ اما در مرحله دوم با مشاهده آلودگی در زمین اصلی و حالات مختلف رشدی آفت مذکور با استفاده از دیازینون ۱۰ درصد به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرانول پاشی شد. برداشت محصول با توجه به رقم در آخر مردادماه، با داس و به‌وسیله دست انجام شد. بوته‌ها پس از حذف حاشیه‌ها از داخل کرت‌ها و به مساحت سه مترمربع به‌منظور برآورد عملکرد در هکتار برداشت شد و پس از خشک‌کردن در مقابل آفتاب عملیات جداکردن دانه‌های برنج از ساقه به‌وسیله خرمن‌کوب به تفکیک کرت‌های مختلف انجام گرفت. عملکرد تیمارها در کرت‌های مختلف توزین و بلافاصله رطوبت محصول به‌وسیله دستگاه رطوبت‌سنج اندازه‌گیری شد. عملکرد براساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. جهت بررسی روند رشد بوته از هر کرت پنج بوته از ابتدای رشد رویشی علامت‌گذاری و ارتفاع بوته از سطح زمین تا نوک بلندترین برگ در هر ۱۰ روز یک بار یادداشت‌برداری شد از اعداد به‌دست‌آمده هر کرت و در هر مرحله میانگین گرفته و از میانگین اعداد به‌دست‌آمده در آخرین یادداشت‌برداری برای تجزیه آماری استفاده شد. برای تعیین تعداد پنجه در بوته همانند اندازه‌گیری ارتفاع، پنج بوته در هر کرت علامت‌گذاری سپس تعداد پنجه در هر بوته شمارش و میانگین اعداد به‌دست‌آمده برای محاسبات آماری استفاده شد. در زمان رسیدن فیزیولوژیکی و قبل از برداشت محصول برای اندازه‌گیری طول خوشه، تعداد دانه پر و پوک و وزن هزاردانه از داخل هر کرت به‌طور تصادفی ۱۰ خوشه انتخاب شده و سپس جهت تعیین طول خوشه از گردن خوشه تا انتهای آخرین دانه توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد و میانگین آن برای هر کرت یادداشت و عدد به‌دست‌آمده در تجزیه آماری استفاده شد سپس دانه‌ها را جدا و نسبت به شمارش دانه‌های پر و پوک اقدام نموده و هر کدام را به‌طور جداگانه درون پاکت همراه با مشخصات هر کرت قرار داده و وزن هزاردانه را با ترازوی دیجیتالی به‌دست می‌آوریم آنگاه میانگین داده‌های هر کرت در تجزیه آماری استفاده شد. پس از برداشت محصول و نمونه‌برداری‌های لازم، شلتوک‌ها برای اندازه‌گیری صفات کیفی بلافاصله به آزمایشگاه کیفیت بذر معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور (أمل) منتقل و به‌مدت سه ماه نگهداری شد. برای اندازه‌گیری فاکتورهای تبدیل، نمونه‌ها پس از ورود به آزمایشگاه، توسط رطوبت‌سنج رطوبت آن‌ها اندازه‌گیری شد و در صورت بالا بودن رطوبت در دستگاه آون (Memmert، ساخت آلمان) در دمای ۴۵ سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده تا رطوبت نمونه‌ها به ۱۱ درصد رسانده شود. سپس مقدار ۲۵۰ گرم شلتوک از هر نمونه برنج با دستگاه پوست‌کن و سفیدکن شرکت ساتاکه ژاپن تبدیل به برنج قهوه‌ای و برنج سفید شده و با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. درجه تبدیل معیار اندازه‌گیری لایه سبوس برداشته شده از برنج قهوه‌ای می‌باشد و از تقسیم وزن برنج سفید به برنج قهوه‌ای حاصل می‌شود. برنج سالم و خرده نیز پس از جداسازی دانه‌های خرده و سالم در نمونه برنج سفید و توزین آن با ترازوی حساس اندازه‌گیری می‌شود (دانه‌های کوچک‌تر از سه چهارم دانه سالم به‌عنوان خرده محسوب می‌شوند). درصد برنج سالم و خرده به‌ترتیب از تقسیم وزن برنج سالم و خرده بر میزان شلتوک اولیه به‌دست‌آمده و مجموع آن دو برابر راندمان تبدیل می‌باشد. طول و عرض قبل از پخت با اندازه‌گیری ۱۰ دانه برنج سالم توسط دستگاه Grain measure (ژاپن) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و میانگین گرفتن از ده دانه

به‌دست می‌آید. طول و عرض بعد از پخت نیز از میانگین ده برنج پخته به‌دست می‌آید. نسبت طولیل شدن نیز از تقسیم طول ده برنج پخته به طول ده برنج خام محاسبه می‌شود (Fathi *et al.*, 2017). درصد آمیلوز با استفاده از روش کارلومتریکی در طول موج ۶۲۰ نانومتر با تشکیل کمپلکس ید- نشاسته اندازه‌گیری شد (Juliano, 1971). دمای ژلاتینه‌شدن نیز با مقیاس پخش در قلیا اندازه‌گیری شد. هدف از این آزمون تعیین نمره ژلاتینه‌شدن دانه برنج در محلول هیدروکسید پتاسیم به مدت ۲۳ ساعت می‌باشد (Little *et al.*, 1958). داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و ترسیم شکل‌ها نیز توسط نرم‌افزار اکسل انجام شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر آبیاری، کود و برهم‌کنش آبیاری و کود روی تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، برنج کامل و درصد آمیلوز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین اثر آبیاری روی عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیکی، نسبت طولیل شدن دانه برنج در سطح یک درصد معنی‌دار و روی وزن هزاردانه، شاخص برداشت، راندمان تبدیل، درصد پوسته، پوسته، درصد تبدیل، طول دانه قبل و بعد از پخت، نسبت طولیل شدن دانه و دمای ژلاتینه‌شدن برنج معنی‌دار نشد. اثر کود روی طول دانه قبل و بعد از پخت و نسبت طولیل شدن دانه برنج در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و در دیگر صفات معنی‌دار نشد. برهم‌کنش آبیاری × کود به‌جز عملکرد شلتوک، برنج کامل و درصد آمیلوز در دیگر صفات معنی‌دار نشد.

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد دانه پر در خوشه	درصد تبدیل	طول دانه قبل از پخت	طول دانه بعد از پخت	نسبت طولیل شدن دانه	دمای ژلاتینه شدن
روش آبیاری	۲	۲۸۰۱/۴۲**	۲۴۱۵/۷۰**	۰/۴۱ns	۰/۰۶ns	۰/۴۷ns	۰/۰۱۳ns	۰/۱۶ns
خطای اول	۴	۱۱۲/۳۶	۱۸۶/۹۸	۳/۳۵	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۰۰۶	۰/۲۳
کود	۵	۱۷۰۸/۵۳**	۱۳۵۷/۱۶**	۰/۹۰ns	۰/۰۹*	۰/۱۹*	۰/۰۱*	۰/۰۴۷ns
آبیاری × کود	۱۰	۱۵۴۲/۱۷**	۱۴۲۸/۵۳**	۰/۸۴ns	۰/۰۳ns	۰/۱ns	۰/۰۰۴ns	۰/۳۵ns
خطای دوم	۳۰	۳۶/۰۶	۴۲/۵۹	۱/۷۱	۰/۰۵۵	۰/۱۵	۰/۰۰۴	۰/۱۴

ns، * و **: به ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

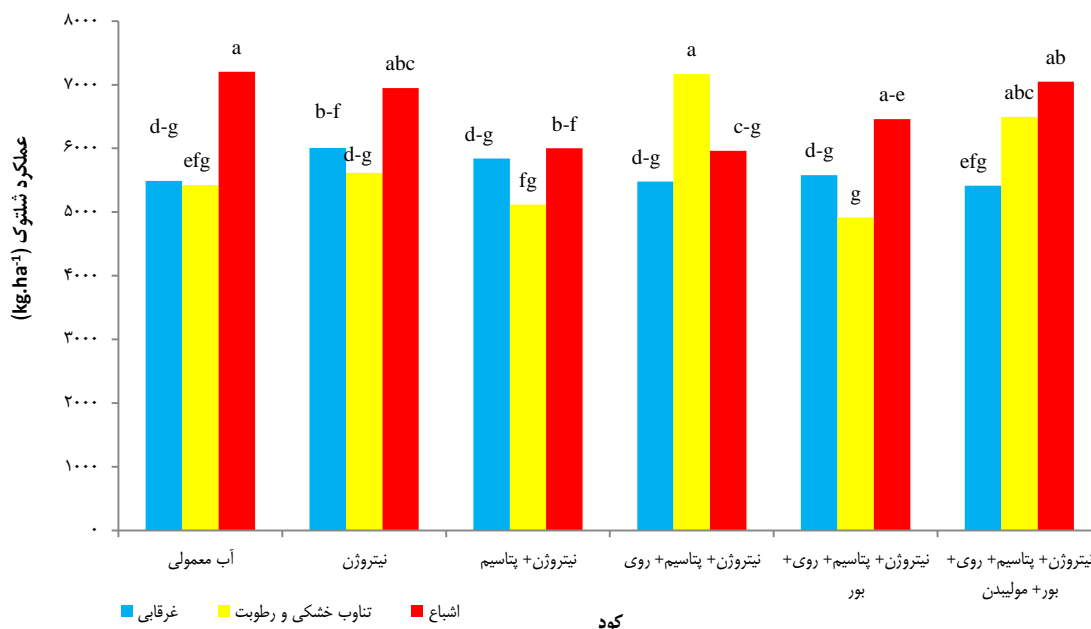
جدول ۴. تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی دانه برنج تحت تأثیر روش‌های آبیاری و محلول‌پاشی عناصر غذایی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد شلتوک	عملکرد بیولوژیکی	وزن هزاردانه	شاخص برداشت	برنج کامل	درصد آمیلوز
روش آبیاری	۲	۴۸۸۵۱۹۳/۸۸**	۱۰۰۲۸۹۱۸/۵۳**	۲/۸۲۹ns	۲۱/۶۱۱ns	۱۴۹/۴۶**	۰/۳۶**
کود	۵	۷۵۷۸۸۶/۰۱ns	۱۴۵۵۴۷۸/۵۲ns	۰/۵۶ns	۲۴/۵۸۶ns	۶۷/۲۸**	۱/۱۹**
آبیاری × کود	۱۰	۱۲۷۸۰۷۳/۳۲**	۳۹۸۴۱۱/۸۵ns	۲/۴۴۶ns	۱۵/۲۷ns	۱۴۷/۸۷**	۰/۷۴**
خطا	۳۴	۴۱۰۰۶۶/۱۸	۸۱۲۹۱۸/۵۲	۱/۵۶۷	۲۶/۸۶۳	۱۷/۲۴	۰/۳

ns، * و **: به ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

۱.۳. عملکرد شلتوک

عملکرد شلتوک از نظر آماری تحت تأثیر تیمار آبیاری و برهم‌کنش آبیاری × کود در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). بیش‌ترین عملکرد شلتوک با میانگین ۶۶۴۳/۰۷ کیلوگرم در هکتار در آبیاری اشباع در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم و آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی با میانگین ۶۱۶۹/۱۳ کیلوگرم در هکتار نسبت به آبیاری غرقابی (شاهد) به‌دست آمد. حداکثر عملکرد شلتوک در آبیاری غرقابی با میانگین ۵۸۰۵/۹۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم حاصل شد و حداقل آن ۵۴۸۹/۹۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط محلول‌پاشی با آب معمولی به‌دست آمد. بیش‌ترین عملکرد شلتوک در آبیاری AWD با میانگین ۶۱۶۹/۱۳۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم + روی حاصل شد و کم‌ترین آن با میانگین ۴۹۵۰/۸۸۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم به‌دست آمد. بالاترین عملکرد شلتوک در آبیاری اشباع با میانگین ۶۶۴۳/۰۷ عدد در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم حاصل شد و پایین‌ترین مقدار آن با میانگین ۵۵۰۰/۹۲ کیلوگرم در هکتار در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم + روی حاصل شد (شکل ۱). مطابق نتایج، میزان عملکرد شلتوک با کاهش میزان آبیاری کاهش یافت که با نتایج Moseni (2018)، Carrijo *et al.* (2017) و Arabzadeh (2003) مطابقت دارد. Aghajani & Navabian (2012) نیز اختلاف معنی‌داری در میزان عملکرد شلتوک در اثر اعمال تیمارهای کم‌آبیاری در مقایسه با تیمار غرقاب داریم مشاهده نکردند که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش هم‌خوانی ندارد. به‌نظر می‌رسد برای رسیدن به حداکثر عملکرد شلتوک در واحد سطح می‌توان علاوه بر مصرف کود پایه موردنیاز در خاک از محلول‌پاشی برخی از عناصر غذایی استفاده کرد. نیتروژن از طریق تأثیرگذاری بر تعداد خوشه‌چه اثر مثبتی بر عملکرد شلتوک دارد، زیرا با افزایش میزان نیتروژن در برگ میزان پوکی دانه‌ها به‌طور خطی کاهش پیدا می‌کند (Shi *et al.*, 2002).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار).

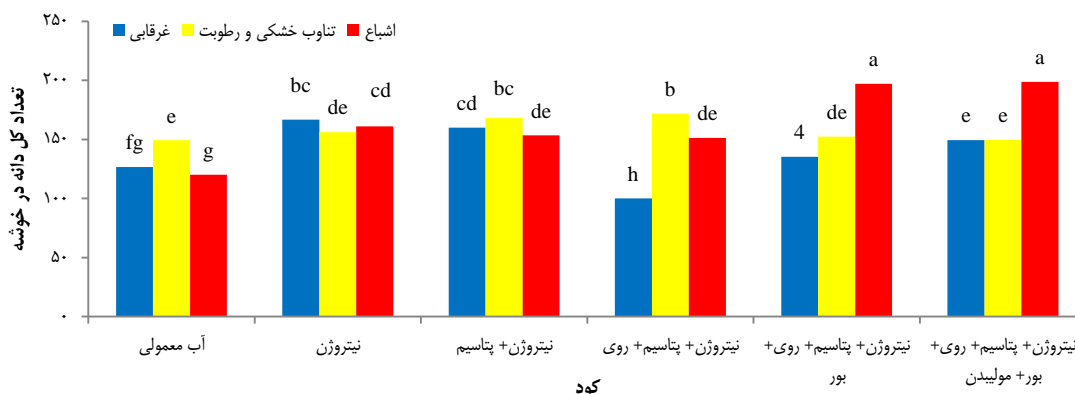
(اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارند.)

۲.۳. تعداد کل دانه در خوشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که عامل آبیاری، کود و اثر متقابل آبیاری × کود از نظر تعداد کل دانه در خوشه تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). براساس جدول مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲) کم‌ترین تعداد دانه در خوشه مربوط به آبیاری غرقابی با میانگین ۱۰۰/۱۳ عدد در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی و بیش‌ترین آن مربوط به آبیاری اشباع با میانگین ۱۹۸/۷۳ عدد در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم + روی + بور + مولیبدن می‌باشد. تعداد دانه در خوشه جزء مهمی از عملکرد و شاخصی از قدرت مخزن بوده و عملکرد دانه همبستگی مثبتی با تعداد دانه دارد (Yoshida, 1983).

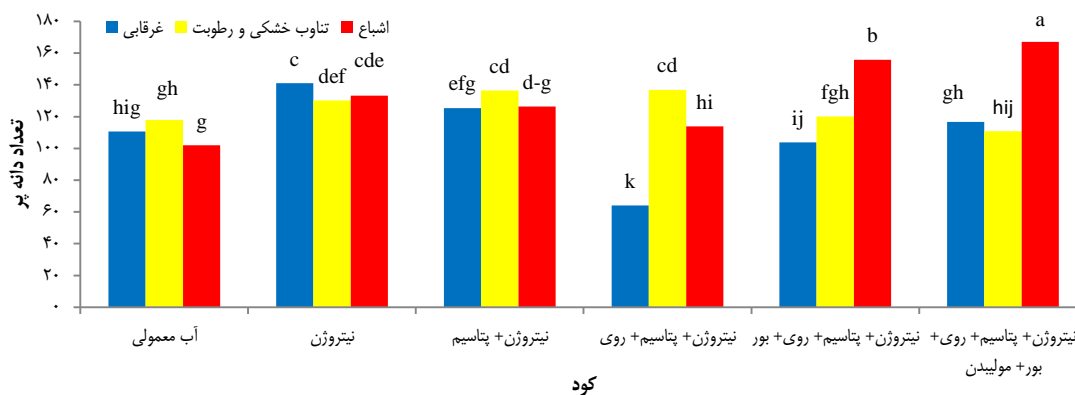
۳.۳. تعداد دانه پر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که عامل آبیاری، کود و اثر متقابل آبیاری × کود از نظر تعداد دانه پر در خوشه تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × کود (شکل ۳) نشان می‌دهد که کم‌ترین تعداد دانه پر مربوط به آبیاری غرقابی با میانگین ۶۴/۱۷ عدد در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی + بور + مولیبدن و بیش‌ترین آن مربوط به آبیاری اشباع با میانگین ۱۶۷/۱۵ عدد در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم + روی می‌باشد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر تعداد کل دانه در خوشه.

(اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارند.)



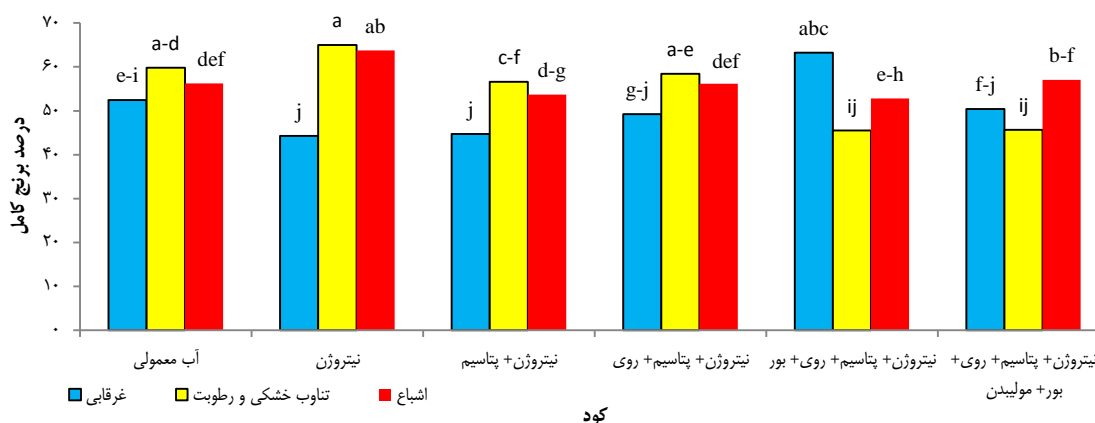
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر تعداد دانه پر.

(اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارند.)

درصد دانه پر یکی از اجزای اصلی عملکرد برنج است که می‌تواند به‌عنوان معیار جهت انتخاب ارقام و لاین‌های پر محصول برنج باشد (Miller *et al.*, 1991). پژوهش‌ها نشان داده است که تعداد دانه‌های پر در خوشه ارقام مختلف متفاوت می‌باشد و ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالاتر معمولاً از درصد تعداد دانه پر بیش‌تری در خوشه نیز برخوردار هستند (Pantuwan *et al.*, 2002).

۴.۳. درصد برنج کامل

درصد برنج کامل از نظر آماری تحت تأثیر تیمار آبیاری، کود و برهم‌کنش آبیاری × کود در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). اثر متقابل دو عامل آبیاری و کود نشان داد که بیش‌ترین درصد برنج کامل با میانگین ۶۵ درصد و کم‌ترین آن با میانگین ۴۴/۳ درصد به‌ترتیب مربوط به آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت و آبیاری غرقابی در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن حاصل شد (شکل ۴). درصد برنج سالم از نظر بازارپسندی حایز اهمیت است. در زمان آسیاب‌کردن، هر چقدر میزان برنج کامل ارقام بیش‌تر باشد، کارایی تبدیل برنج سالم بالاتر خواهند بود.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر درصد برنج کامل.

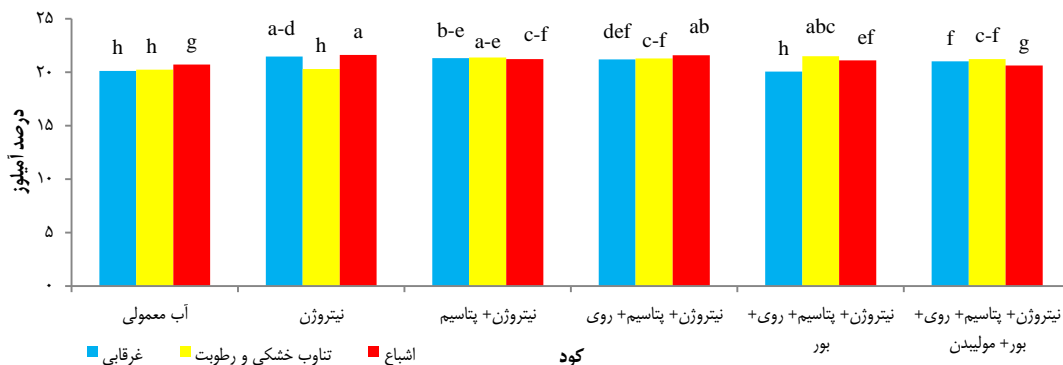
(اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارند.)

۵.۳. درصد آمیلوز

درصد آمیلوز دانه برنج از نظر آماری تحت تأثیر تیمار آبیاری، کود و آبیاری × کود در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × کود نشان می‌دهد که کم‌ترین درصد آمیلوز مربوط به آبیاری غرقابی با میانگین ۲۰/۰۷ درصد در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی + بور و بیش‌ترین آن مربوط به آبیاری اشباع با میانگین ۲۱/۶۷ درصد در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن به‌دست آمد (شکل ۵).

Shamim *et al.* (2017) در آزمایشی روی ارقام برنج، بیش‌ترین درصد آمیلوز را در رقم PK 9924-5-1-1 با

میانگین ۲۶/۸ درصد به‌دست آوردند. درصد آمیلوز در ارقام برنج هندی ۲۶/۵۱ - ۱۸/۱۶ درصد گزارش شد (Lestari *et al.*, 2014). ارقامی که درصد آمیلوز بالاتری دارند به‌مدت زمان پخت کم‌تری نیاز دارند (Verma *et al.*, 2015). در آزمایشی روی برنج بیش‌ترین درصد آمیلوز در رقم Herath Banda با میانگین ۲۷/۱۴ درصد و کم‌ترین آن در رقم Suduru Samba با میانگین ۱۷/۶۳ درصد گزارش شد (Rebeira *et al.*, 2014).



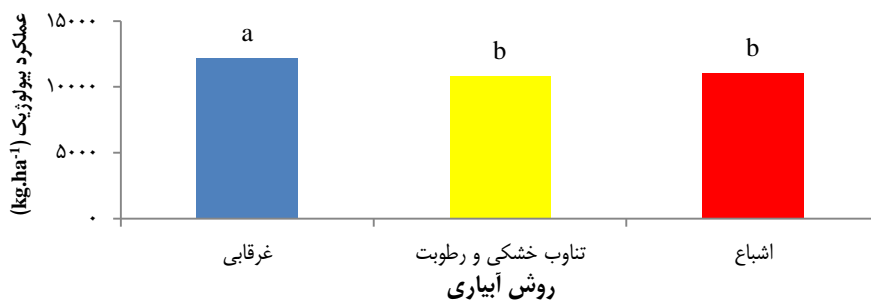
شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر درصد آمیلوز.

(اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارند.)

به نظر می‌رسد در شرایط محدودیت آبی، به علت جذب و مصرف آب کمتر و تهویه مناسب، تأثیر محلول‌پاشی عناصر غذایی در آبیاری اشباع روی عملکرد شلتوک و صفات کیفی دانه برنج چشم‌گیرتر بوده است. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های برخی پژوهش‌گران (Verna *et al.*, 2015; Fathi *et al.*, 2017; Ramzanpour *et al.*, 2014) هم‌خوانی داشت. با افزایش مصرف کود نیتروژن، میزان آمیلوز نیز به‌عنوان مهم‌ترین معیار تعیین‌کننده کیفیت پخت کاهش می‌یابد (Singh *et al.*, 2011). افزایش مصرف کود نیتروژن باعث افزایش تجمع پروتئین، کاهش آمیلوز دانه و افزایش قوام ژل در برنج می‌شود و کلیه این عوامل می‌توانند ژلاتینی شدن دانه و متعاقب آن خواص چسبندگی یا ویسکوزیته را تحت تأثیر قرار دهند (Ghosh *et al.*, 2004). رابطه همبستگی منفی معنی‌داری بین میزان کود نیتروژن و محتوای آمیلوز برنج وجود دارد (Esmailzadeh-Moridani *et al.*, 2011; Tayefe *et al.*, 2014). با توجه به نتایج حاصله می‌توان آبیاری اشباع در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن را در شرایط مشابه این پژوهش بهره‌جست.

۳.۶. عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک از نظر آماری تحت تأثیر تیمار آبیاری در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده تیمار آبیاری برای عملکرد بیولوژیک نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۲۱۸۷ کیلوگرم در هکتار در آبیاری غرقابی و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۱۰۸۰۹ کیلوگرم در هکتار در آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت حاصل شد (شکل ۶).



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار).

(اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارند.)

رقم کشوری جزو ارقام پرمحصول برنج و دارای طول دوره رشد طولانی‌تری بوده طبیعتاً دارای عملکرد بیولوژیکی بیش‌تری نسبت به ارقام طارم (جزو ارقام کم‌محصول) می‌باشد. ارقامی که دارای عملکرد بیولوژیکی بالا می‌باشند، در صورتی که شاخص برداشت پایین‌تری داشته باشند، از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی کم‌تری نسبت به سایر ارقام برخوردارند (Pirdashti *et al.*, 2005).

۷.۳. طول دانه قبل از پخت برنج

طول دانه قبل از پخت برنج از نظر آماری تنها تحت تأثیر کود در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین طول دانه قبل از پخت برنج در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی + بور با میانگین $7/3$ میلی‌متر و کم‌ترین آن در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی + بور + مولیبدن با میانگین $7/12$ میلی‌متر به‌دست آمد (شکل ۷).

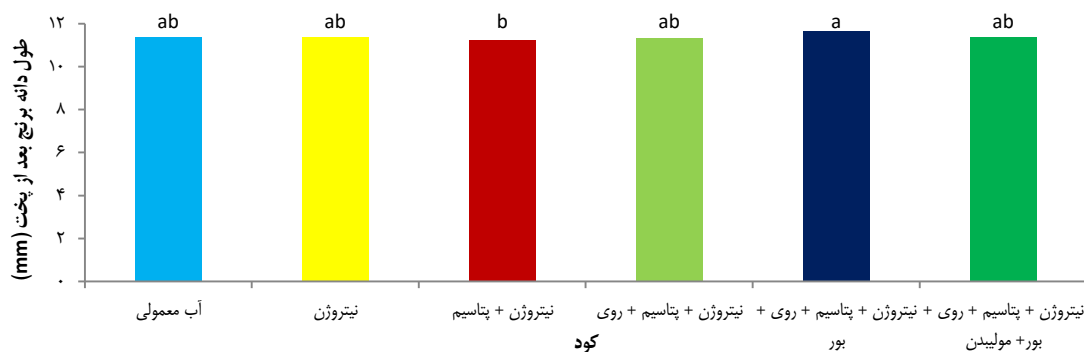


شکل ۷. مقایسه میانگین اثر ساده کود بر طول دانه برنج قبل از پخت (میلی‌متر).

(اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارند.)

۸.۳. طول دانه بعد از پخت برنج

نسبت طول پس از پخت دانه برنج به طول اولیه یکی از فاکتورهای مؤثر مؤثر در ارزیابی کیفیت پخت و خوراک برنج می‌باشد (Gilani, 2010). این صفت از نظر آماری تنها تحت تأثیر کود در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). بیش‌ترین طول دانه برنج بعد از پخت با میانگین $11/67$ میلی‌متر در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی + بور و کم‌ترین آن با میانگین $11/23$ میلی‌متر در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم بوده است (شکل ۸).

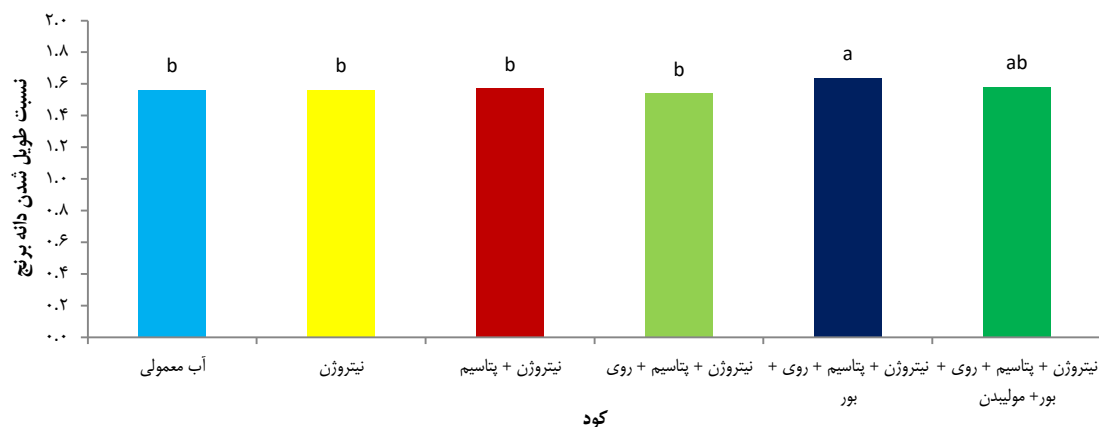


شکل ۸. مقایسه میانگین اثر ساده کود بر طول دانه برنج بعد از پخت (میلی‌متر).

(اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارند.)

۹.۳. نسبت طول شدن دانه برنج

نسبت طول شدن دانه برنج از نظر آماری تحت تأثیر تیمار کود در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). بیش‌ترین نسبت طول شدن دانه برنج در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی + بور و کم‌ترین نسبت طول شدن دانه برنج در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی حاصل شد (شکل ۹).



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر ساده کود بر نسبت طول شدن دانه برنج.

(اعداد در هر ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارند.)

Shamim *et al.* (2017) در آزمایشی در پنجاب هندوستان روی ارقام برنج دریافتند که نسبت طول شدن دانه برنج بعد از پخت در رقم PK9533-9-6-1-1 بیش‌ترین مقدار (۱/۹) را به خود اختصاص داده است. نسبت طول پس از پخت دانه برنج به طول اولیه یکی از فاکتورهای مؤثر مؤثر در ارزیابی کیفیت پخت و خوراک برنج می‌باشد. بیش از ۹۰ درصد از آندوسپرم دانه برنج، نشاسته می‌باشد که از دو جزء آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است. مقدار آمیلوز بین صفر تا ۳۳ درصد و آمیلوپکتین از ۵۷ تا ۹۹ درصد آندوسپرم را شامل می‌شوند (Gilani, 2010). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های برخی پژوهش‌گران (Ramzanpour *et al.*, 2014; Fathi *et al.*, 2014; Shamim *et al.*, 2017) هم‌خوانی داشت.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که روش‌های آبیاری و محلول‌پاشی عناصر غذایی بر عملکرد شلتوک، اجزای عملکرد و برخی از صفات کیفی برنج رقم کشوری به‌طور معنی‌داری تأثیرگذار بودند. بالاترین عملکرد شلتوک مربوط به آبیاری اشباع در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم با میانگین ۶۶۴۳/۰۷ کیلوگرم در هکتار (۴/۶ درصد) و آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت با میانگین ۶۱۶۹/۱۳ کیلوگرم در هکتار (۲۲ درصد) در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم + روی نسبت به شاهد بوده است. بنابراین در شرایط کم‌آبی، آبیاری اشباع همراه با محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم و در آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت همراه با محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی در شرایط مشابه این آزمایش قابل توصیه می‌باشد و کاربرد محلول‌پاشی عناصر میکرو مثل بور و مولیبدن در این مرحله از رشد گیاه برنج مؤثر مؤثر نخواهد بود. بیش‌ترین درصد برنج کامل با میانگین ۶۵ درصد و کم‌ترین آن با میانگین ۴۴/۳ درصد به‌ترتیب مربوط به آبیاری تناوبی خشکی و

رطوبت و آبیاری غرقابی در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن حاصل شد که نسبت به شاهد (آبیاری غرقابی و یا سنتی) در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن ۴۶/۷ درصد افزایش درصد برنج کامل داشته است. کم‌ترین درصد آمیلوز مربوط به آبیاری غرقابی با میانگین ۲۰/۰۷ درصد در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم + روی + بور و بیش‌ترین آن مربوط به آبیاری اشباع با میانگین ۲۱/۶۷ درصد در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن به‌دست آمد. بنابراین درک تغییرات کیفیت و سطح پاشخ ارقام برنج نسبت به نوع آبیاری و کود مصرفی برای توسعه و بهبود کیفیت پخت مفید است. از آنجایی که پژوهش‌های انجام‌شده در روش‌های کم‌آبیاری با محلول‌پاشی عناصر غذایی در زراعت برنج روی رقم جدید کشوری کم‌تر انجام شده است؛ جا دارد پژوهش‌های بیش‌تری در سال‌های متمادی در مناطق مختلف برنج‌خیز به‌ویژه در مقیاس بزرگ‌تر صورت پذیرد تا به نتایج حاصله را به‌صورت یک مدل تعریف کرده و با توجه به شرایط هر منطقه مورد استفاده قرار داد. با کاربرد روش‌های آبیاری یادشده می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش سطح زیر کشت، کاهش عملکرد را جبران نمود هم‌چنین در شرایط کمبود منابع آبی، خشکسالی‌های آتی می‌توان هر یک از روش‌های بیان‌شده را برحسب شرایط آب‌وهوایی منطقه در اراضی شالیزار به‌کار برد. بنابراین آبیاری تناوبی خشکی و رطوبت در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم + روی و آبیاری اشباع در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم را به‌ترتیب اولویت می‌توان جهت تولید افزایش عملکرد شلتوک و بالاترین کیفیت دانه برنج در شرایط مشابه این آزمایش توصیه کرد.

۵. تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران (آمل) به خاطر فراهم‌سازی بستر و اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع مورد استفاده

- Aghajani, M., & Nawabian, M. (2012). Comparison of water productivity in periodic irrigation with fixed & variable periods. The first national conference on farm water management. *Karaj Soil & Water Research Institute*. Page 110. (In Persian).
- Akbari, S., Kafi, M., & Rezvan Beidokhti, S. (2016). The effect of drought stress on yield, yield components & anti-oxidant of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes with different planting densities. *Journal of Agriculture*. 8 (1), 95-106. (In Persian).
- Arabzadeh, B. (2003). Determination of irrigation deficit in rice Tarom cultivar. Publishing Vice President of Rice *Research Institute of Iran (Amol)*. 24pp. (In Persian).
- Arif, C., Setiawan, B. I., Sofiyuddin, H. A., & Martief, L. M. (2013). Enhanced water use efficiency by intermittent irrigation for irrigated rice in Indonesia. *Journal of Islamic perspective on science, Technology & Society*, 1 (1), 12-17.
- Asadi, R., Rezaei, M., & Moatamed, M. K. (2004). A very to mitigate water shortages in paddy fields. *J. Agri Aridity & Drought*, 14, 87-91. (In Persian).
- Avil Kumar, K., & Rajitha, G. (2019). Alternate Wetting & Drying (AWD) Irrigation - A Smart Water Saving Technology for Rice: A Review. *International Journal of Current Microbiology & Applied Sciences*, 8 (03), 2561-2571.

- Bly, A. G., & Woodard, H. J. (2003). Foliar nitrogen application timing influence on grain yield & protein concentration of hard red winter & spring wheat. *J. Agro.*, 95, 335-338.
- Briffaz, A., Bohuon, P., Meot, J. M., Pons, B., Matencio, F., Dornier, M., & Mestres, C. (2014). Modellng of brown rice & limited-water cookhng modes & its potential use for texture prediction. *Journal of Food Engineering*, 141, 99-106.
- Champagne, E. T., Karen L., Garber, B., Fitzgerald, M. A., Casey, C., Lea, J., Ohtsubo, K., Jongdee, S., Lihong Xie, L., Bassinello, Z., Resurreccion, A., Ahmad, R., Habibi, F., & Russell, R. (2010). Important Sensory Properties Differentiating Premium Rice Varieties. *Rice*, 3, 270-281. Doi 10.1007/s12284-010-9057-4.
- Carrijo, D. R., Lundy, M. E., & Linqvist, B. A. (2017). Rice yields & water use under alternate wetting & drying irrigation: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 203, 173-180.
- Esmailzadeh-Moridani, M., Eshraghi-Nejad, M., Galeshi, M., & Ashouri, S. (2011). The investigation of nitrogen fertilizer split application effect on quantity yield & grain quality of rice varieties (Hashemi & Bahar 1) in Guilan. *Electronic Journal of Crop Production*, 4 (2), 121-137. (In Persian).
- Fallah, A., Alizadeh, H., Tavoli-Larijani, F., & Nabipour, A. (2012) Comparison of physicochemical properties of rice grains of local Tarom & Shirodi with external lines. *Journal of Agronomic Improvement*. 3, 69-81. (In Persian).
- Fathi, N., Pirdashti, H., Nasiri, M., & Bakhshandeh, E. (2017). Effect of weather temperature & solar radiation on grain yield & yield components of rice under different local climates in Mazandaran province. *Journal of Crop Production*, 19 (1), 163-176. (In Persian).
- Gilani, A. (2010). Determination of tolerance mechanisms & physiological effect of heat stress on rice cultivars in Khouzestan. *PhD. Thesis. Agriculture and Natural Resources University of Ramin, Ahwaz, Iran*. (In Persian).
- Ghosh, M., Mandal, B. K., Mandal, B. B., Lodh, S. B., & Dash, A. K. (2004). "The effect of planting date & nitrogen management on yield and quality of aromatic rice (*Oryza sativa*)."
The Journal of Agricultural Science, 142 (2), 183-191. (In Persian).
- Ghosh, B., & Chakma, N. (2015). Impacts of rice intensification system on two C. D. blocks of Barddhaman district. *West Bengal. Current Science*, 109 (2), 342-346.
- Hedayatipour, A., TabatabaeiFar, A., & Rashidi, H. (2005). Effect of Dryer Temperature & Ultimate Moisture on Salted Rice on High Rice in Highly Produced Cultivars of Mazandaran Province. *The Second National Conference on Agricultural Waste*, 451-457. (In Persian).
- Iguaz, A., Rodriguez, M., & Virseda, P. (2005). Influence of Handling & Processing of Rough Rice on Fissured & Head Rice Yields. *J. Food Eng.*, 77, 803-809.
- Jin, Z., Qian, C., Yang, J., Liu, H., & Jin, X. (2005). Effect of temperature at grain filling stage on activities of key enzymes related to starch synthesis & grain quality of rice. *Rice Sci.*, 12, 261-266.
- Juliano, B. O. (1971). Simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Science*, 16, 334-360.
- Katharine, R., Howell, P. S., & Dodd, I. C. (2015). Alternate wetting & drying irrigation maintained rice yields despite half the irrigation volume, but is currently unlikely to be adopted by smallholder lowland rice farmers in Nepal. *Food & Energ Security*, 4 (2), 144- 157.
- Khush, G. S. (2004). Breeding Rice for Sustainable Agricultural Systems. In: Buxton DR, Shibles R, Forsberg RA, Blad BL, Asay KH, Paulson GM, Wilson RF (eds.). *International Crop Science I*. Crop Science Society of America: Madison, Wisconsin, USA 1993a. 189-199.
- Lestari, A. P., Abdullah, B., Junaedi, A., & Aswidinnoor, H. (2014). Performance of Grain Quality & Aroma Of Aromatic New Plant Type Promising Rice Lines. *Indonesian J. Agric. Sci.* 12 (2), 84-93.

- Limouchi, K., Yarnia, M., Siyadar, A., Rashidi, V., & Gilani, A. (2016). Impacts of different irrigation periods on quality of converting aerobic rice genotypes in North of Khuzestan. *Journal of plant ecophysiology*, 10 (34), 31-45.
- Littele, R. R., Hilder, G. B., & Dawson, E. H. (1958). Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chem*, 35, 111-126.
- Mao, Z., & Cui, Y. L. (2001). Irrigation techniques of water-efficient & sustainable humper yield for paddy rice. Program report for 1997-2000. Wuhan (China). Wuhan University. 110p. (In Chinese).
- Miller, B. C., Hill, J. E., & Reberts, S. S. (1991). Plant population effects on growth & yield water – seeder rice. *Agron, G.*, 83, 291-297.
- Mohseni, S. H. (2018). Evaluation of response of agronomic & morphophysiological characteristics of rice (Tarom Hashemi cultivar) to the type & method of application of potassium fertilizers in different irrigation regimes. *PhD Thesis in Agriculture. Sari University of Agricultural Sciences & Natural Resources*. 143 pages. (In Persian).
- Nasiri, M. (2016). Evaluation of Polyamine & some Nutrients Foliar Application effects on Drought Tolerance of Rice Genotypes by Alternate Wetting & Drying (AWD) irrigation method using. *PhD Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz*. 230 pp. (In Persian).
- Oko, A. O., Ubi, B. E., & Dambaba, N. (2012). Rice Cooking Quality & Physico-Chemical Characteristics: a Comparative Analysis of Selected Local & Newly Introduced Rice Varieties in Ebonyi State, Nigeria. *Food & Public Health*, 2 (1), 43-49.
- Pandey, A., Kumar, A., Pandey D. S., & Thongbam, P. D. (2014). Rice quality under water stress. *Indian Journal of Advances in Plant Research*, 1 (2), 23-26.
- Pantuwan, G., Fukai, S., Coper, M., Rayatasereekul, S., & Toole, J. C. O. (2002). Yield response of rice genotypes to different types drought under rainfed low landpart 1. Grain yield & yield component. *Field Crop Research*, 73, 153-168.
- Pirdashti, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Nematzadeh, G., & Ismail, A. (2005). Study of water stress effects in different growth stages on yield and yield components of differe rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. In: *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sept. 1 Oct 2004, Brisbane, Australia, Handbook & Abstract*. P 133. (In Persian).
- Rahimsouroush, H., Rabiei, B., Nahvi, M., & Ghodsi, M. (2007). Study of some morphological qualitative traits & yield stability of Rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 20, 25-32. (In Persian)
- Ramzanpour, A., Pirdashti, H., Abdollahi-Mobarhan, S., & Bahari-Saravi, S. K. H. (2014). nvestigation of the quality traits & their relationship with grain yield in promising lines of rice (*Oryza sativa* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 10, 8-16. (In Persian).
- Rahimsouroush, H., Rabiei, B., Nahvi, M., & Ghodsi, M. (2007). Study of some morphological qualitative traits & yield stability of Rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 20, 25-32. (In Persian).
- Rashidi, H., Arabzadeh, B., & Tavassoli, F. (2005). Effects of regulated deficit irrigation on quality characteristics Fajr variety. Final report of the deputy director of the National Rice Research Institute in Mazandaran. No. 10264/84 Agricultural Information & Scientific Documentation Center, Tehran, Iran. 21 p. (In Persian)
- Rebeira, S. P., Wickramasingh, H. A. M., Samarasinghe, W. L. G., & Prashantha, B. D. R. (2014). Diversity of Grain Quality Characteristics of Traditional Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*, 25 (4), 470- 478.
- Roderick, M., Florencia, G., Divin Gracia, P., Ruben, M., & Bouman, B. A. M. (2011). Impact of the alternate wetting & drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. *Food Policy*, 36 (2), 280-288.

- Sedaghat, N., Pirdashti, H., Asadi, R., & Mosavi, S. Y. (2016). Effect of irrigation methods on water quality in rice. *Water Research in Agriculture*, 28 (1), 1-9. (In Persian).
- Sedaghat, N., Biabani, A., Sabouri, H., Nasiri, M., & Fallah, A. (2018). evaluating of irrigation methods & Folier application on water productivity & morphophysiological traits of rice (*Oryza sativa* L.) Var. keshvari. *PhD Thesis in Crop Physiology*. 134 pp. (In Persian).
- Stayashi, A., Arabzadeh, B., Mobaser, H. R., & Pirdashti, H. (2014). Investigation of some morphological traits of rice (Tarom cultivar) in different irrigation managements. *16th National Rice Conference, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 5 pages. (In Persian).
- Shamim, F., Ali Reza, M., & Akhtar, M. (2017). Grain quality attributes of new Rice Basmati lines of Pakistan. *Journal of Agricultural Research & Development*. 7 (1), 75-84.
- Shi, Q., Zeng, X., Li, M., Tan, X., & Xu, F. (2002). Effects of Different Water Management Practices on Rice growth. In: B. A. M, Bouman, H. Hengsdijk, B. Hardy, P. S. Bindraban, T. P. Tuong & Ladha., J. K. *International Rice Research Institute*. 352 p.
- Singh, N., Pal, N., Mahajan, G., Singh, S., & Shevkani, K. (2011). Rice grain & starch properties: Effects of nitrogen fertilizer application. *Carbohydrate Polymers*, 86 (1), 219-225.
- Tayefe, M., Gerayzade, A., Amiri, E., & Nasrollahzadeh, A. (2014). Effect of nitrogen on rice yield, yield components & quality parameters. *African Journal of Biotechnology*, 13 (1), 91-105.
- Thakur, A. K., Mohanty, R. K., Patil, D. U., & Kumar, A. (2014). Impact of water management on yield & water productivity with system of rice intensification (SRI) & conventional transplanting system in rice. *Paddy Water Environ*, 12, 413-424.
- Tajadodi Talab, K., Hosieni Chaloshitori, M., Rabei, M., Sharafi, N., Shokri Vahed, H., Alizadeh, M. R., Alinia, F., Omrani, M., Kavoochi, M., Majidi SHilsar, F., Nahvi, M., Yazdani, M. R., Afshar, A. H., Seidi, D., Alijani, M., Mohamady, M., & Naseri Malaki, Z. (2013). Rice Guide. *Agricultural education publication*. 499 p. (In Persian).
- Tuyen, D. D., & Prasad, D. T. (2008). Evaluating difference of yield trait among rice genotypes (*Oryza sativa* L.) under low moisture condition using candidate gene markers. *Journal of Omonrice*, 16, 24-33.
- Verma, D. K., Mohan, M., Prabhakar, P. K., & Srivastav, P. P. (2015). Physico-chemical & cooking characteristics of Azad basmati. *International Food Research Journal*, 22 (4), 1380-1389.
- Yoshida, S. (1983). Rice symposium on potential productivity of field crops under different environment. *International rice research Institute*, 103-129.
- Yosefian, M., Shahnazari, A., Ziatabar Ahmadi, M., Raeni Sirjaz, M., & Arabzadeh, B. (2018). Effects of Regulated Deficit Irrigation & Partial Root Drying on Yield, Yield Components & Water Productivity of Rice in Furrow & Basin Methods. *Journal of Water Research in Agriculture (Soil & Water Sci.)*, 32 (3), 341-351. (In Persian).