نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، ص. ۱۰۲-۸۱

Water Management in Agriculture
Vol. 11, No. 1, Spring and Summer 2024, 81-102

مقاله علمی -پژوهشی

بهره‌وری اقتصادی آب و نیتروژن سه ژنوتیپ برنج در شرایط اقلیمی استان گیلان

حوری احمدپور[۱]، سینا بشارت[۲*]، محمدرضا خالدیان[۳]، مجتبی رضایی[۴]، فرخ اسدزاده[۵]

چکیده

لازم است با برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح برای استفاده بهینه از منابع آبی و کود نیتروژن، بدون تأثیرگذاری قابل‌توجه بر میزان عملکرد برنج، ضمن صرفه‌جویی در مصرف نهاده‌ها باعث افزایش بهره‌وری اقتصادی شد. این مطالعه به بررسی بهره‌وری آب و نیتروژن سه ژنوتیپ برنج از نظر فیزیکی و اقتصادی تحت تیمارهای مختلف آبیاری و کود نیتروژن می‌پردازد. آزمایش در قالب طرح کرت‌های دو بار خردشده بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طول سه سال در موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در استان گیلان، شهرستان رشت انجام شد. عامل اصلی در این آزمایش شامل مدیریت آبیاری در چهار سطح بود که شامل: آبیاری غرقاب I1 و تیمارهای آبیاری I2، I3 و I4 که به ترتیب دارای آبیاری تناوبی با فواصل آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز بود. علاوه بر عامل اصلی، عوامل فرعی شامل رقم گواهی‌شده محلی هاشمی و دو ژنوتیپ M5 و M12 در سه سطح کود نیتروژن شامل ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. نتایج این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ M5 با ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در دور آبیاری ۲۱ روزه بیشترین بهره‌وری فیزیکی آب را داشته است. در شرایط کمبود شدید آب در طول دوره رشد برنج دور آبیاری ۱۴ روز می‌تواند اختلاف عملکرد بهتر به لحاظ بهره‌وری فیزیکی آب نسبت به دور آبیاری ۲۱ روز داشته، اما به لحاظ اقتصادی نسبت به دور آبیاری ۷ روز کاهش بهره‌وری را به همراه داشته است. در این مطالعه، رقم برنج گواهی‌شده هاشمی با دور آبیاری ۷ روزه و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شرایط استان گیلان، بهره‌وری فیزیکی مطلوبی از آب و همچنین بالاترین بازده اقتصادی را نشان داد. بر اساس نتایج این مطالعه، استفاده از آبیاری تناوبی در فاصله آبیاری ۷ روزه موجب صرفه‌جویی ۲۸۵ میلیون مترمکعب آب در شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت آبیاری، کمبود آب، رشت، برنج

مقدمه

رفع چالش‌های موجود در افزایش و تولید پایدار محصولات زراعی ازجمله اهداف راهبردی در رسیدن به امنیت غذایی و سلامت جامعه است. سرانه مصرف برنج برای سه میلیارد انسان در دنیا حدود ۵۴ کیلوگرم در سال است (Datta et al., 2017; Grisp, 2013). طبق آمارنامه کشاورزی بیشترین کشت برنج در ایران در دو استان شمالی کشور، شامل گیلان و مازندران انجام می‌گیرد. علاوه بر استان‌های فوق، در چهار استان گلستان، خوزستان، فارس و اصفهان نیز برنج کشت می‌شود. سطح زیر کشت برنج در استان گیلان برابر با ۲۲۰ هزار هکتار گزارش شده است. کشت رقم هاشمی به دلیل کیفیت بالا، مرغوبیت، عطر، طعم بسیار خوب و بازارپسندی در بین شالی‌کاران استان گیلان رواج بسیاری داشته است (ابراهیمی راد، ۱۳۸۹). کشت برنج با سامانه آبیاری متداول (غرقاب) نیازمند مصرف آب بسیار زیادی است. نیاز آبیاری برنج در چندین پژوهش، در محدوده‌ی ۷۰۰۰–۳۵۵۰ مترمکعب در هکتار گزارش شده است (Carracelas, 2019). تولید برنج را می‌توان از دو طریق افزایش داد: گسترش سطح زیر

[۱] دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه ارومیه، ایران
[۲] عضو هیات علمی گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه ارومیه، ایران (* نویسنده مسئول: s.besharat@urmia.ac.ir)
[۳] عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان و گروه آب و محیط‌زیست پژوهشکده حوزه دریای خزر، رشت، ایران
[۴] عضو هیئت‌علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
[۵] عضو هیئت‌علمی گروه علوم خاک دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه ارومیه، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۳

کشت و افزایش بهره‌وری زمین مثل افزایش عملکرد در واحد سطح (Tanaka et al., 2017)؛ بنابراین تعدادی از استراتژی‌های صرفه‌جویی در مصرف آب برای سیستم‌های تولید برنج توسعه داده شده است. رایج‌ترین آن‌ها خیس‌کردن و خشک‌کردن متناوب (AWD)و برنامه‌ریزی آبیاری مبتنی بر پتانسیل آب خاک است (Mahajan et al., 2012; Siopongco et al., 2013; Sander et al., 2014; Sudhir-Yadav et al, 2012; Yao et al., 2012a and 2012b). در میان فن‌آوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب که در دهه‌های اخیر توسعه‌یافته‌اند، روش آبیاری AWD به‌طور گسترده به دلیل پتانسیل آن برای افزایش بهره‌وری آب و درعین‌حال حفظ عملکرد برنج در مقایسه با غرقاب مداوم مورد حمایت قرار گرفته است (Bouman and Tuong., 2001; Lampayan et al., 2015). در آبیاریAWD ، مزارع در معرض جریان متناوب آب قرار می‌گیرند که در آن آبیاری قطع می‌شود و اجازه داده می‌شود که سطح آب تا آستانه سطح خاک پایین بیاید، پس از آن مزرعه دوباره غرقاب می‌شود (Bouman and Tuong, 2001). مطالعات قبلی افزایش ۱۹ تا ۲۹ درصدی بهره‌وری آب را تحت AWD در مقایسه با غرقاب دائم نشان داد (Bouman and Tuong, 2001; Lampayan et al., 2015; Liang et al., 2016; Yang et al., 2017) گزارش شده است که AWD مصرف آب آبیاری را در مقایسه با سیستم‌های سنتی برنج با غرقابی مداوم ۷ تا ۳۳ درصد کاهش می‌دهد، بدون اینکه تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد داشته باشد (Bouman and Tuong, 2001; Rejesus et al., 2011; Carrijo et al., 2017; Islam et al., 2020)

در مطالعاتی که برای بررسی و مقایسه‌ی انواع روش‌های آبیاری برنج صورت گرفته، نتایج گاه مشابه و گاهی متناقض بوده است. در مطالعه‌ای که در ساحل‌عاج در راستای ارزیابی اثرات شیوه‌های مدیریت آب انجام شد، تغییرات زیادی در زیست‌توده علف‌های هرز، عملکرد برنج و بهره‌وری آب در مزارع برای هر شیوه مدیریت آب یافت شد. زیست‌توده علف‌های هرز و ورودی آب آبیاری در شرایط AWD ایمن نسبت بهCF (غرقاب دائم) به دلیل خشک شدن بیشتر خاک، کمتر بود درحالی‌که تفاوت معنی‌داری در عملکرد برنج بین AWD و CF ایمن وجود نداشت. بهره‌وری آب تحت روش AWD ایمن بالاتر از CF و FP (آبیاری جویچه‌ای) بود (Dossou et al., 2021). در تحقیق دیگری در کشور هندوستان سه روش آبیاری غرقاب دائم، AWDو اشباع (SAT)مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تمامی پارامترهای رشد و عملکرد در روش غرقاب دائم و سپس روش AWD به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. بالاترین میزان بهره¬وری آب محصول (CWP)در رژیم SAT و پس از آن در AWD یافت شد (Poddar et al., 2022). اشفاق و همکاران در پاکستان نشان دادند که در مقایسهCF ، AWDکل ورودی آب را ۲۹-۲۷٪ کاهش داد و شاخص سطح برگ(LAI) ، پنجه‌زنی، عملکرد (۹-۷٪) و بهره‌وری آب (۵۰-۴۴٪) بهبود یافت (Ishfaq et al.,2020). ونگ و همکاران در چین، سه رژیم آبیاری CF، AWD و آبیاری جویچه‌ای (FI) را از مرحله ۵-۴ برگ تا بلوغ اعمال کردند. در مقایسه باCF ، هر دو AWD و FI به‌طور قابل‌توجهی، عملکرد دانه، WPو راندمان مصرف نیتروژن (NUE) را افزایش دادند) افزایش بیشتر تحت رژیم .(FI هر دو AWDو FI به‌طور قابل‌توجهی زیست‌توده ریشه و اندام هوایی، فعالیت اکسیداسیون ریشه، NUE فتوسنتزی برگ و شاخص برداشت را افزایش دادند.(Wang et al., 2018)

آبیاری حدود ۱۷۰ هزار هکتار از اراضی شالیزاری استان گیلان که تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی سپیدرود قرار دارد، با آبیاری تناوبی اجتناب‌ناپذیر است، زیرا آب ذخیره‌شده در پشت سد کفاف آبیاری غرقاب دائم این مزارع را نمی‌کند (اسدالهی شریفی و همکاران، ۱۳۹۷). تحقیق و کشف عوامل اصلی مؤثر بر موفقیت روش‌های آبیاری جایگزین در طیف وسیعی از شرایط محیطی، خاک و مدیریت خاص برای هر کشور ضروری است. روش¬های آبیاری جایگزین باید به‌صورت محلی سازگار و توسعه داده شوند تا از آب کم¬تری استفاده شود و اثرات خارج از سایت به حداقل برسد و درعین‌حال عملکرد و کیفیت دانه حفظ شود (Carracelas et al., 2019).

اگرچه استان گیلان از استان‌های پر باران کشور بوده، اما مواردی نظیر نا به هنگام بودن زمان بارش‌ها که بیشتر به‌صورت باران بوده، احداث چند سد در بالادست سد سفیدرود و همچنین

کمبود تمهیدات لازم برای ذخیره آب حاصله از نزولات، سبب شده تا کشاورزان این استان در طول فصل کشت برنج با کمبود آب مواجه باشند. رودخانه سفیدرود مهم‌ترین رودخانه تأمین‌کننده آب بخش کشاورزی استان گیلان است که در سال‌های اخیر حجم آبدهی سالانه آن روند نزولی داشته و با ادامه این روند کشت برنج در شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود با مشکل مواجه می‌شود. کاهش ظرفیت ذخیره سد از ۱۸۵۰ به ۱۰۲۰ میلیون مترمکعب، از دغدغه‌های اصلی مردم استان گیلان است.

مدیریت نیتروژن در خاک، به دلیل داشتن نقش کلیدی در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان و نیز اثرات آن بر اکوسیستم¬های زراعی، یکی از مباحث مهم در کشاورزی است. استفاده فشرده از کودهای شیمیایی به‌ناچار منجر به راندمان پایین کود، بدتر شدن کیفیت خاک و آلودگی محیطی می¬شود، به‌عنوان مثال اسیدی شدن خاک، آب‌رسانی آب، آلودگی نیترات آب‌های زیرزمینی و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (An et al., 2022). جایگزینی کودهای شیمیایی با اصلاحات آلی به‌عنوان یک اقدام جایگزین برای بهبود کیفیت خاک و حفاظت از محیط‌زیست معرفی شده است (Zhang et al., 2021) بنابراین مدیریت کود در عین حفظ عملکرد از مسائل مهم پیش رو است.

تنوع آب و هوایی سبب می‌شود که در هر منطقه ارقامی خاص متناسب با شرایط همان ناحیه توصیه شود و باید در نظر داشت که کشت یک رقم خاص در همه‌جا ممکن است با احتمال وارد آمدن آسیب گسترده به دنبال شیوع یک آفت همراه شود. افزایش عملکرد در واحد سطح، مقاومت نسبت به خشکی و برخوردار بودن از عملکرد مناسب در تغییرات آب و هوایی را می¬توان ازجمله مواردی برشمرد که در مسیر این تحقیقات و معرفی ارقام اصلاح‌شده موردتوجه قرار می‌گیرند. باید علاوه بر تولید ارقام کیفی با عملکرد بالا به مقاوم بودن ارقام به آفات و بیماری‌ها و نیز به سازگاری اقلیمی توجه داشت.

هرچند که در پژوهش‌های جدید به‌کرات به بحث محاسبه آب آبیاری برنج و کود نیتروژن که همراه با آبیاری روی میزان عملکرد اثر مهمی دارد پرداخته شده است، اما معمولاً بیشترین تمرکز روی یکی از عوامل تولید یعنی آب یا کود روی رقمی خاص به‌صورت جداگانه بوده است. با توجه به کمبود آب که به‌صورت بحرانی در شرایط کنونی کشور ما بروز کرده است تحقیقات و تلاش‌های زیادی برای یافتن راه‌حل مناسب برای افزایش تولید به ازای مصرف آب به‌عمل‌آمده است، همچنین در پژوهش‌های انجام‌شده محاسبه بهره‌وری‌های فیزیکی و اقتصادی انجام‌نشده و به این عوامل به‌صورت مقایسه‌ای در سطوح مختلف آب و کود و ارقام متفاوت برنج پرداخته نشده است. لذا انجام تحقیقی با بررسی توأمان اثر میزان مصرف کود و آب، محاسبه بهره‌وری‌های فیزیکی و اقتصادی و تعیین آب مجازی با مقایسه ارقام برنج در سطوح مختلف آب و کود در استان گیلان که دومین استان برای کشت عمده برنج است ضروری است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

این پژوهش در اراضی موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در استان گیلان، شهرستان رشت – عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۵ دقیقه– انجام شد. این منطقه دارای اقلیم معتدل خزری و شبه مدیترانه‌ای است و ارتفاع محل از سطح دریا ۲۳ متر است. میانگین سالانه دمای هوا ۱۶/۴۴ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالانه ۱۳۱۹ میلی‌متر است (مجموع بارش ماهانه در جدول ۱ آمده است). در استان گیلان بیشینه‌ی عمق نفوذ ریشه برنج طبق مشاهدات ۳۰ سانتی‌متر است. درصد ذرات خاک در این لایه‌ی بر اساس مطالعه زارع و همکاران (۱۳۹۲) در موسسه تحقیقات برنج کشور به‌طور متوسط شامل ۳۴/۱۳ درصد شن، ۶۶/۴۰ درصد سیلت و ۴۶ درصد رس است. با استفاده از مثلث بافت خاک، بافت خاک لوم‌رسی بود. خاک منطقه با داشتن رس بالای ۲۸ درصد در گروه خاک‌های سنگین قرار دارد (جدول ۲).

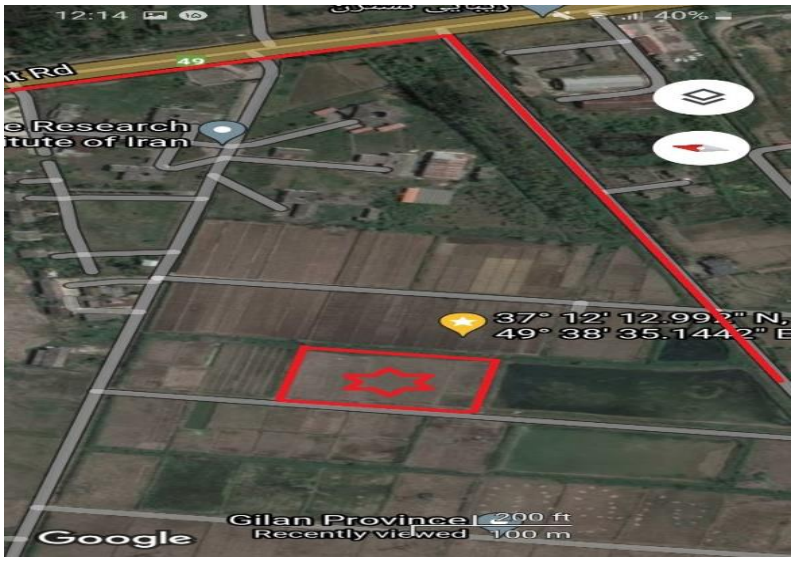
جدول ۱- مجموع بارش ماهانه در ماه‌های مختلف فصل زراعی در ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت (میلی‌متر)

ماه	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	متوسط بلندمدت ۳۰ ساله
فروردین	۵۹	۲۸	۱۳۱	۶۴/۶۷
اردیبهشت	۱۳/۶	۳۴/۴	۶۴/۵	۳۹/۴۹
خرداد	۲۰/۳	۲۰/۵	۹/۶	۳۷/۹۱
تیر	۲/۴	۳۲/۶	۱۷۱/۱	۴۶/۷
مرداد	۰	۴۶/۷	۲۵/۳	۶۷/۶۲
شهریور	۲۱۱	۶۷	۱۵۶/۸	۱۵۹/۳
مجموع بارندگی	۳۰۶/۱۳	۲۲۹/۲	۵۵۸/۳	۴۱۴/۷۲

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی لایه‌های خاک منطقه موردمطالعه

لایه خاک	رس	سیلت	شن	جرم مخصوص ظاهری	Θ_{PWP}	Θ_{FC}	K_{SAT}	Θ_{SAT}
cm	%			گرم بر سانتی‌متر مکعب	سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب		سانتی‌متر بر روز	سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب
۱۰-۰	۴۷	۳۹	۱۴	۱/۱۰	۰/۲۷	۰/۴۰	۵۷/۵۴	۰/۶۵
۲۰-۱۰	۴۴	۳۹	۱۷	۱/۲۰	۰/۳۰	۰/۴۰	۳۰/۸۰	۰/۶۲
۳۰-۲۰	۴۷	۴۴	۹	۱/۳۲	۰/۳۰	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۶۲
۴۰-۳۰	۴۷	۴۲	۱۱	۱/۳۱	۰/۳۰	۰/۴۲	۱۱/۴۰	۰/۶۰

ابعاد زمین مورد آزمایش ۳۳×۵۷ متر (۱۸۰۰ مترمربع) بود (شکل ۱). در این زمین شش لاین که هر لاین به دو بخش (هر بخش متشکل از ۹ کرت) تقسیم شده بود، ایجاد گردید (شکل ۲). مساحت هر کرت ۳×۳ متر (۹ مترمربع) بود. به‌عنوان توضیحی برای شکل ۲، نماد H نشان‌دهنده‌ی رقم هاشمی و M5 و M12 دو ژنوتیپ موردمطالعه است. نمادهای N60، N80 و N100 به ترتیب تغذیه‌ی کودی ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را نشان می‌دهد. نمادهای I1،I2، I3 و I4 برنامه آبیاری به ترتیب غرقاب و با تناوب آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز را نشان می‌دهند.



شکل ۱- موقعیت زمین موردمطالعه در محدوده‌ی موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

R_3	R_3	R_2	R_2	R_1	R_1
M_5, N_{60}, I_2	M_{12}, N_{60}, I_1	H, N_{60}, I_2	M_5, N_{60}, I_1	M_{12}, N_{60}, I_2	H, N_{60}, I_1
M_{12}, N_{60}, I_2	M_5, N_{60}, I_1	M_5, N_{60}, I_2	M_{12}, N_{60}, I_1	M_5, N_{60}, I_2	M_5, N_{60}, I_1
H, N_{60}, I_2	H, N_{60}, I_1	M_{12}, N_{60}, I_2	H, N_{60}, I_1	H, N_{60}, I_2	M_{12}, N_{60}, I_1
M_5, N_{80}, I_2	M_{12}, N_{80}, I_1	H, N_{80}, I_2	M_5, N_{80}, I_1	M_{12}, N_{80}, I_2	H, N_{80}, I_1
M_{12}, N_{80}, I_2	M_5, N_{80}, I_1	M_5, N_{80}, I_2	M_{12}, N_{80}, I_1	M_5, N_{80}, I_2	M_5, N_{80}, I_1
H, N_{80}, I_2	H, N_{80}, I_1	M_{12}, N_{80}, I_2	H, N_{80}, I_1	H, N_{80}, I_2	M_{12}, N_{80}, I_1
M_5, N_{100}, I_2	M_{12}, N_{100}, I_1	H, N_{100}, I_2	M_5, N_{100}, I_1	M_{12}, N_{100}, I_2	H, N_{100}, I_1
M_{12}, N_{100}, I_2	M_5, N_{100}, I_1	M_5, N_{100}, I_2	M_{12}, N_{100}, I_1	M_5, N_{100}, I_2	M_5, N_{100}, I_1
H, N_{100}, I_2	H, N_{100}, I_1	M_{12}, N_{100}, I_2	H, N_{100}, I_1	H, N_{100}, I_2	M_{12}, N_{100}, I_1

M_5, N_{60}, I_4	M_{12}, N_{60}, I_3	H, N_{60}, I_4	M_5, N_{60}, I_3	M_{12}, N_{60}, I_4	H, N_{60}, I_3
M_{12}, N_{60}, I_4	M_5, N_{60}, I_3	M_5, N_{60}, I_4	M_{12}, N_{60}, I_3	M_5, N_{60}, I_4	M_5, N_{60}, I_3
H, N_{60}, I_4	H, N_{60}, I_3	M_{12}, N_{60}, I_4	H, N_{60}, I_3	H, N_{60}, I_4	M_{12}, N_{60}, I_3
M_5, N_{80}, I_4	M_{12}, N_{80}, I_3	H, N_{80}, I_4	M_5, N_{80}, I_3	M_{12}, N_{80}, I_4	H, N_{80}, I_3
M_{12}, N_{80}, I_4	M_5, N_{80}, I_3	M_5, N_{80}, I_4	M_{12}, N_{80}, I_3	M_5, N_{80}, I_4	M_5, N_{80}, I_3
H, N_{80}, I_4	H, N_{80}, I_3	M_{12}, N_{80}, I_4	H, N_{80}, I_3	H, N_{80}, I_4	M_{12}, N_{80}, I_3
M_5, N_{100}, I_4	M_{12}, N_{100}, I_3	H, N_{100}, I_4	M_5, N_{100}, I_3	M_{12}, N_{100}, I_4	H, N_{100}, I_3
M_{12}, N_{100}, I_4	M_5, N_{100}, I_3	M_5, N_{100}, I_4	M_{12}, N_{100}, I_3	M_5, N_{100}, I_4	M_5, N_{100}, I_3
H, N_{100}, I_4	H, N_{100}, I_3	M_{12}, N_{100}, I_4	H, N_{100}, I_3	H, N_{100}, I_4	M_{12}, N_{100}, I_3

شکل ۲- کرت‌های ایجادشده در زمین موردمطالعه (نماد H نشان‌دهنده‌ی رقم هاشمی و M5 و M12 دو ژنوتیپ موردمطالعه است. نمادهای N60، N80 و N100 به ترتیب تغذیه‌ی کودی ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را نشان می‌دهد. نمادهای I1،I2، I3 و I4 برنامه آبیاری به ترتیب غرقاب و با تناوب آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز را نشان می‌دهند)

تیمارهای مطالعاتی و اندازه‌گیری‌ها

این آزمایش در قالب کرت‌های دو بار خردشده به ابعاد ۳×۳ مترمربع با فواصل کاشت ۰/۲×۰/۲ متر بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. عامل اصلی، مدیریت آبیاری در چهار سطح شامل I1: آبیاری غرقاب دائم، تیمارهای آبیاری I3, I2 و I4: به ترتیب دورهای آبیاری تناوبی با دور آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روزه و عوامل فرعی، ژنوتیپ‌های مختلف برنج در سه سطح شامل رقم محلی گواهی‌شده هاشمی و ژنوتیپ‌های M5 و M12 در سه سطح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم است. بعد از آماده شدن نشاها در خزانه، در اردیبهشت‌ماه نشاکاری در درون هر کرت با توجه به فواصل کاشت قرار گرفت. نشاها به مدت ۱۵–۱۰ روز به دلیل تنش جابجایی به‌صورت غرقاب آبیاری شد تا دوره‌ی استقرار کامل در زمین سپری شود. برنامه‌ی آبیاری طرح بعد از سپری شدن دوره‌ی استقرار شروع شد و اعمال تیمارهای آبیاری صورت گرفت. برای اعمال تیمارهای مختلف به‌گونه‌ای عمل شد که ۰، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از ناپدید شدن آب از سطح کرت، زمین آبیاری شد. میزان حجم آبیاری برای هر کرت به‌وسیله خط کش قابل اندازه‌گیری بود، ولی برای دقت بیشتر از کنتور حجمی نیز استفاده شد. در طول فصل رشد مبارزه با علف‌های هرز در چندین نوبت و به‌صورت دستی انجام شد. کودپاشی برای همه موارد در زمان یکسان و مقدار یکسان طی دو مرحله انجام شد، اولین مرحله یک روز پس از کاشت و دومین مرحله ۲۵ روز بعد از اولین کودپاشی انجام شد. لازم به ذکر است در هر مرحله از کودپاشی با توجه به مساحت کرت (۹ مترمربع) در سطوح کود ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب معادل ۴۸/۹، ۶۵/۲۵ و ۸۱/۵۵ گرم توزیع شد. عملیات برداشت به‌صورت دستی در

مردادماه انجام شد. با انتخاب بوته در ۶/۵ مترمربع وسط هر کرت میزان عملکرد شلتوک اندازه‌گیری و عملکرد اقتصادی در سه تکرار محاسبه شد.

محاسبه‌ی شاخص‌های مربوط به بهره‌وری آب و نیتروژن

برای تعیین بهره‌وری آب کشاورزی می‌توان از شاخص‌های CPD،BPD و NBPD استفاده کرد (جوان و فال سلیمان، ۱۳۸۷).

الف- عملکرد به ازای واحد حجم آب (CPD)

همان‌طور که در رابطه‌ی ۱ مشاهده می‌شود، شاخص CPD درواقع نسبت مقدار محصول تولیدشده یا میزان عملکرد محصول (برنج، گندم، جو، ذرت و...) به حجم آب مصرف‌شده در هکتار است.

$$CPD = \frac{TP}{TWc} \qquad (۱)$$

که در آن TP مقدار محصول تولیدشده یا میزان عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) و TWc حجم آب مصرف‌شده (مترمکعب) در هکتار بدون در نظر گرفتن بارندگی است. مسلماً هر چه این نسبت بالاتر باشد نشان‌دهنده مصرف صحیح‌تر آب است، اما نشان‌گر سود اقتصادی بیش‌تر نمی‌تواند باشد.

ب- سود ناخالص به ازای واحد مصرف آب (BPD)

شاخص BPD در واقع نسبت میزان سود ناخالص (درآمد) در هر هکتار به ازای واحد حجم آب (مترمکعب در هکتار) است. رابطه‌ی ۲ این مفهوم را بیان می‌کند.

$$BPD = \frac{TR}{TWc} \qquad (۲)$$

که در آن TR مقدار ارزش کل فروش محصول در هکتار (ریال) است. بر اساس این شاخص، سیاست مصرف آب باید به‌گونه‌ای باشد که میزان سود ناخالص به‌دست‌آمده در واحد آب مصرف‌شده بیش‌تر باشد؛ اما در این روش هزینه‌ی تولید محصول در نظر گرفته نمی‌شود.

ج- سود خالص به ازای واحد مصرف آب (NBPD)

بهترین شاخص برای بررسی بهره‌وری آب کشاورزی NBPD یا سود خالص به ازای واحد آب مصرفی است که نه‌تنها میزان سود خالص را به ازای واحد حجم آب مصرف‌شده تعیین می‌نماید، بلکه این شاخص اهمیت زیادی در برنامه‌ریزی الگو و ترکیب کشت در مناطق خشک مواجه با محدودیت شدید آب دارد، چراکه از این طریق می‌توان منابع کمیاب آب را به گشت‌هایی اختصاص داد که با کم‌ترین واحد مصرف آب بالاترین سود را نصیب بهره‌برداران می‌نمایند. این شاخص توسط رابطه‌ی ۳ قابل‌محاسبه است.

$$NBPD = \frac{NB}{TWc} \qquad (۳)$$

که در آن NB میزان سود خالص (ریال) در هر هکتار است.
برای تعیین شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی نیاز به محاسبه‌ی هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت و درآمد حاصل از فروش محصولات اصلی کشت‌شده، سطح زیر کشت و راندمان آبیاری (سطحی و تحت‌فشار) است.

برای به دست آوردن بهره‌وری فیزیکی نیتروژن (CPN)، درآمد به ازای واحد نیتروژن مصرفی (BPN) و سود به ازای واحد نیتروژن مصرفی اقتصادی (NBPN) از رابطه‌های ۴، ۵ و ۶ استفاده‌شده است (Khaledian et al., 2011, Khaledian et al., 2012).

$$\text{CPN} = \frac{\text{عملکرد شلتوک}}{\text{وزن نیتروژن}} \qquad (۴)$$

$$\text{BPN} = \frac{\text{قیمت هر کیلو شلتوک} * \text{عملکرد شلتوک}}{\text{وزن نیتروژن}} \qquad (۵)$$

$$\text{NBPN} = \frac{\text{هزینه کل} - (\text{قیمت هر کیلو شلتوک} * \text{عملکرد شلتوک})}{\text{وزن نیتروژن}} \qquad (۶)$$

در روابط بالا قیمت هر کیلوگرم شلتوک به تومان، عملکرد شلتوک به کیلوگرم و وزن نیتروژن به کیلوگرم است.

نتایج و بحث

تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر میزان بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی در رقم و ژنوتیپ‌های مختلف برنج

طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب در سه سال ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸، تأثیر فاکتورهای سال، آبیاری، واریته و کود بر بهره‌وری فیزیکی آب معنی‌دار بود (جدول ۴) که جداگانه به شرح هر کدام پرداخته خواهد شد.

جدول ۴- خلاصه تجزیه واریانس بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی خالص و ناخالص آب آبیاری طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۶

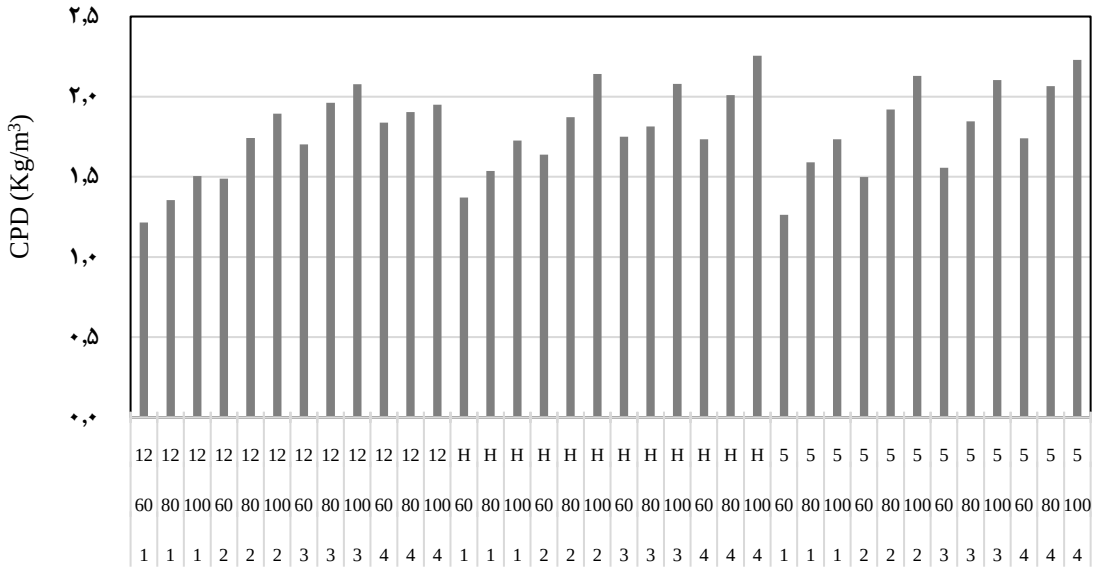
منبع واریانس	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)		
		بهره‌وری فیزیکی آب (CPD)	بهره‌وری اقتصادی ناخالص (BPD)	بهره‌وری اقتصادی خالص (NBPD)
سال	۲	۰/۹۷۹*	۳/۵۴۳×۱۰^۷*	۳/۲۴۰×۱۰^۷*
آبیاری	۳	۲/۶۰۶*	۹/۳۷۵×۱۰^۷*	۵/۸۰۶×۱۰^۷*
کود	۲	۴/۶۳۸*	۱/۶۷۴×۱۰^۸*	۱/۴۸۱×۱۰^۸*
واریته	۲	۱/۰۵۱*	۳/۸۰۳×۱۰^۷*	۱/۴۱۴×۱۰^۷*
سال * آبیاری	۶	۰/۱۱۴	۴۰۷۵۹۶۰	۲۰۰۸۰۴۹
سال * نیتروژن	۴	۰/۰۳۳	۱۱۴۶۲۰۳	۱۱۴۴۹۳۶
سال * واریته	۴	۰/۰۶۵	۲۳۱۷۶۹۱	۱۱۲۱۵۶۱
آبیاری * نیتروژن	۶	۰/۰۳۶	۱۲۸۵۵۱۹	۱۳۲۱۱۴۲
آبیاری * واریته	۶	۰/۱۸	۶۴۶۰۹۷۵	۶۲۵۶۵۶۸
نیتروژن * واریته	۴	۰/۱۲۶	۴۴۴۰۹۵۶	۴۴۶۴۷۰۳
سال * آبیاری* نیتروژن	۱۲	۰/۰۲۵	۸۹۱۳۸۲	۸۹۲۶۹۱
سال * آبیاری * واریته	۱۲	۰/۰۲۳	۸۲۳۹۴۶	۸۸۷۲۶۸
سال* نیتروژن * واریته	۸	۰/۰۳۷	۱۳۲۵۷۸۳	۱۳۲۶۴۳۰
آبیاری* نیتروژن* واریته	۱۲	۰/۰۲۲	۷۹۴۲۷۶	۷۹۶۴۲۵
سال * آبیاری* نیتروژن* واریته	۲۴	۰/۰۱۳	۴۸۲۴۵۲	۴۸۲۰۴۱
خطا	۲۱۶	۰/۱۵۵	۵۵۹۴۸۶۸	۵۵۵۶۶۸۹

(فاکتورهای با تأثیر معنی‌دار با * نشان داده‌شده‌اند.)

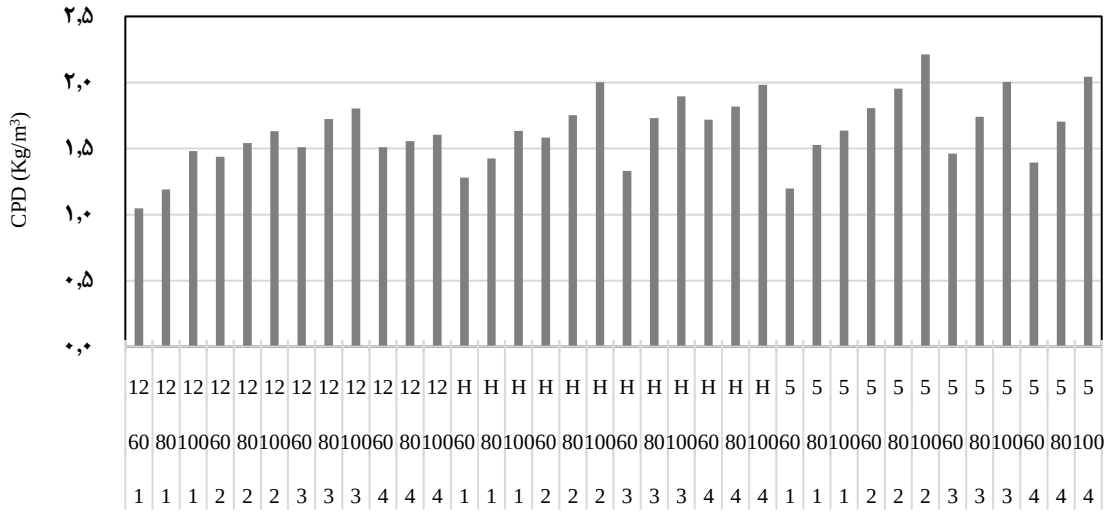
الف- رقم هاشمی

با کاهش میزان مصرف آب، بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) افزایش یافته است (شکل‌های ۳ تا ۵). در سطح کودی ۶۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین بهره‌وری فیزیکی در سال ۹۶، ۹۷ و ۹۸، بهترین در دورهای آبیاری ۱۴ روزه، ۲۱ روزه و ۷ روزه گزارش شده است (بهترین ۱,۷۵، ۱,۷۱ و ۱,۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری). در سطح کودی ۸۰ کیلوگرم در هکتار، در سال‌های ۹۶ و ۹۷ در تیمار آبیاری ۲۱ روزه (بهترین ۲,۰۱ و ۱,۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری) و در سال ۹۸ در تیمار ۱۴ روزه بیشترین بهره‌وری فیزیکی به دست آمد (۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری). همچنین در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال ۹۶ در تیمار ۲۱ روزه (۲,۲۵) و در سال‌های ۹۷ و ۹۸، در تیمار ۷ روزه CPD به حداکثر خود رسید (بهترین ۲ و ۲,۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری). رقم هاشمی، در سال‌های ۹۶، ۹۷ و ۹۸ در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، بهترین در دورهای آبیاری ۲۱ روزه، ۷ روزه و ۷ روزه بیشترین CPD را داشته است (بهترین ۲,۲۵، ۲ و ۲,۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری). برای رقم هاشمی، در یک دور ثابت آبیاری، با افزایش مقدار کود، بهره‌وری آب افزایش یافته است. ژنوتیپ M5 در سال ۹۶، در هر سه سطح کودی ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین بهره‌وری

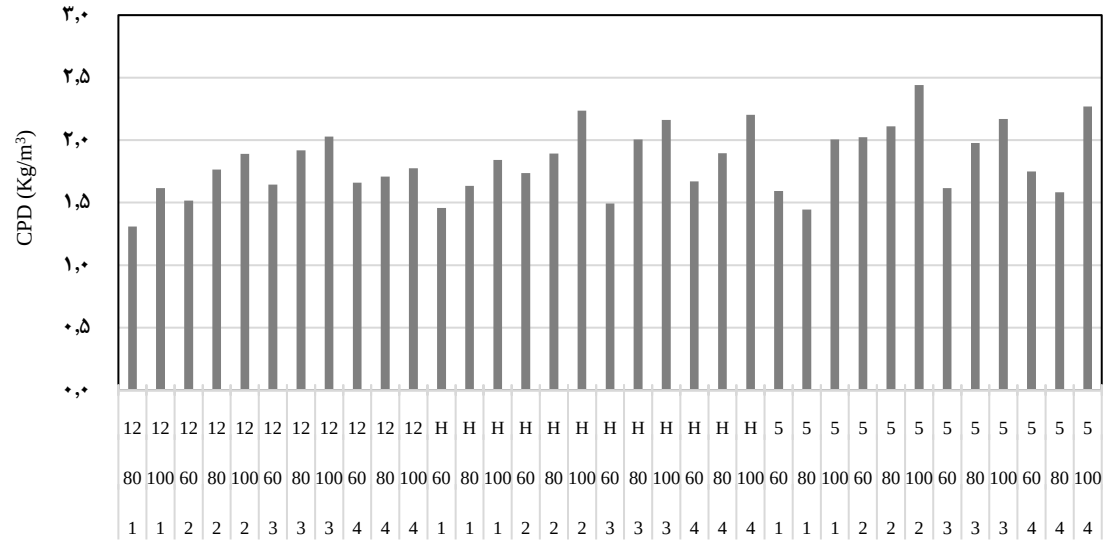
فیزیکی را در دور آبیاری ۲۱ روزه داشته است (بهترین ۲,۲۳، ۲,۰۶ و ۱,۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری). همچنین در سال‌های ۹۷ و ۹۸، در هر سه سطح کودی در تیمار آبیاری ۷ روزه، CPD بیشینه شده است. این ژنوتیپ در سال‌های ۹۶، ۹۷ و ۹۸، بیشترین CPD را در سطح کود نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و بهترین دورهای آبیاری ۲۱ روزه، ۷ روزه و ۷ روزه داشته است (بهترین ۲,۲۳، ۲,۲۱ و ۲,۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری). ژنوتیپ M12 در سطح کودی ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در هر سه سال، در دور آبیاری ۲۱ روزه (بهترین ۱,۸۳، ۱,۵۱ و ۱,۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری) و در سطوح کودی ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هر سه سال در تیمار آبیاری با دور ۱۴ روزه به بیشترین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب خود رسیده است. این ژنوتیپ در سال‌های ۹۶، ۹۷ و ۹۸ در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و دور آبیاری ۱۴ روزه بیشترین بهره‌وری فیزیکی آب را دارا بوده است (بهترین ۲,۰۸، ۱,۸ و ۲,۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری). نتایج تجزیه مرکب واریانس سه سال آزمایش نشان داد که عامل سال، آبیاری و کود در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر بهره‌وری فیزیکی داشتند. بر اساس نمودارهای ۳ تا ۵ روند تغییرات بهره‌وری فیزیکی آب برای سه ژنوتیپ موردمطالعه در سطوح مختلف کود و آبیاری و نتایج آماری به ترتیب طی سه سال زراعی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی وجود دارد. افزایش مقدار کود نیتروژن از ۶۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش بهره‌وری فیزیکی آب شد. با توجه به ارزیابی نتایج آماری تیمارهای آبیاری، همان‌طور که انتظار می‌رفت، با کاهش مصرف آب، بهره‌وری فیزیکی آب افزایش یافت. بهره‌وری آب و تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری غرقابی و تیمار فاصله آبیاری ۲۱ روزه افزایش معنی‌داری را تجربه کرد، به‌طوری‌که ژنوتیپ M5 با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین بهره‌وری فیزیکی آب را داشت. در این تحقیق، تفاوت معنی‌داری بین رقم هاشمی و ژنوتیپ‌های M5 و M12 از نظر نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری فیزیکی آب وجود نداشت که نشان می‌دهد عملکرد این ژنوتیپ‌ها در شرایط یکسان رضایت‌بخش بود. علاوه بر این، بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری با کاهش مصرف آب افزایش یافت.



شکل ۳- بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۶



شکل ۴- بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۷



شکل ۵- بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۸

تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر میزان بهره‌وری اقتصادی با سود ناخالص آب آبیاری در ژنوتیپ‌های مختلف برنج

الف- رقم هاشمی

با بررسی شکل‌های ۶، ۷ و ۸ می‌توان بیان کرد که برای رقم هاشمی در سطح کودی ۶۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین بهره‌وری اقتصادی ناخالص (BPD) مربوط به تیمار ۱۴ روزه است. با افزایش سطح کودی به ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشینه BPD در دور آبیاری ۲۱ روزه حاصل می‌شود. بدین معنی که علیرغم افزایش هزینه کود، افزایش عملکرد محصول به‌اندازه‌ای است که این هزینه را پوشش داده و از نظر اقتصادی به‌صرفه است. در سال ۱۳۹۷، در سطح کودی ۶۰ و ۸۰ بیشینه

BPD در دور آبیاری ۲۱ روزه و در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در دور آبیاری ۷ روزه حاصل شده است. در سال ۱۳۹۸، در سطوح کودی ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بهترین در دورهای آبیاری ۷، ۱۴ و ۷ روزه BPD به بیشترین مقدار خود رسید.

ب- ژنوتیپ M5

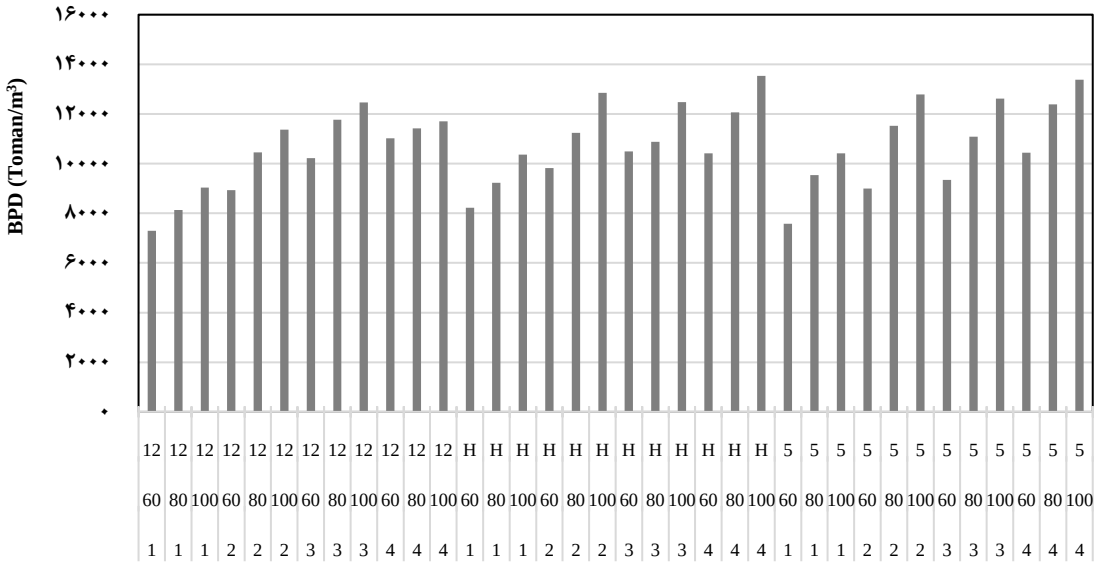
در سال ۹۶ در هر سه سطح کودی، در دور آبیاری ۲۱ روزه بهترین نتیجه را از نظر BPD از خود نشان داده است و در دو سال ۹۷ و ۹۸، در تمام سطوح کودی در دور آبیاری ۷ روزه بیشترین BPD را داشته است. البته با افزایش سطح کود مقدار بهره‌وری اقتصادی ناخالص افزایش یافته است و این یعنی واکنش مثبت به کود نیتروژن ایجاد شده است.

پ- ژنوتیپ M12

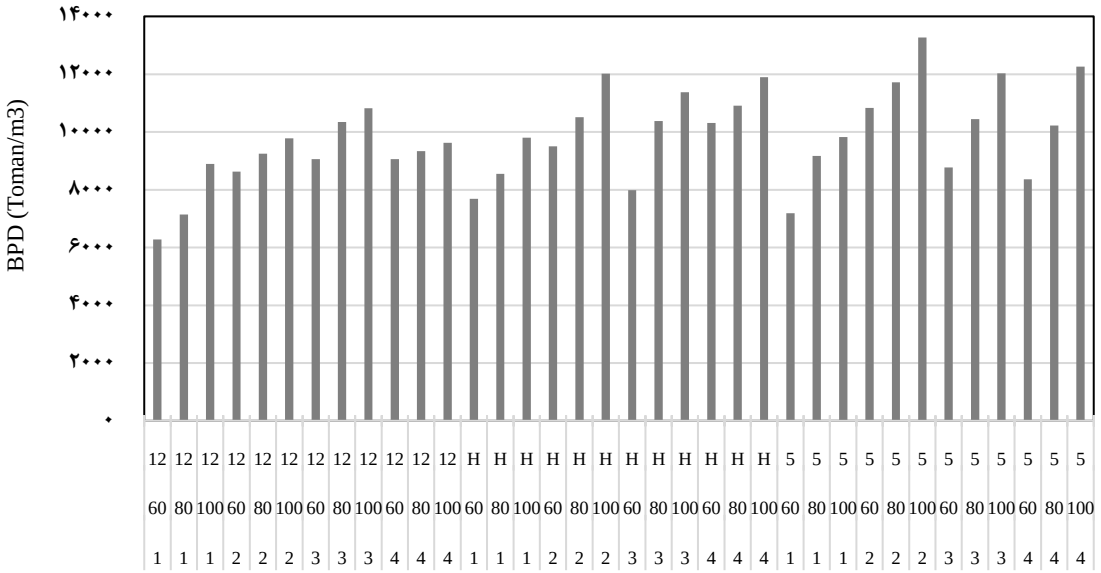
در هر سه سال BPD در سطح کودی ۶۰ کیلوگرم در هکتار، در دور آبیاری ۲۱ روزه و در سطوح کودی ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دور آبیاری ۱۴ روز بیشینه شده است. با توجه به تجزیه واریانس ترکیبی به‌دست‌آمده در سه سال زراعی، عامل سال، آبیاری، کود و ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر BPD داشت (جدول ۴).

بر اساس نمودارهای ۶ تا ۸، نمودار روند شاخص BPD برای سه ژنوتیپ در سطوح مختلف کود نیتروژن و آبیاری و نتایج تجزیه واریانس در سال ۱۳۹۶ تفاوت معنی‌داری را بین تیمارهای آبیاری در تمامی سطوح آبیاری نشان داد. چنین تفاوتی در بین تمام سطوح آبیاری در سال ۹۷ به‌جز فواصل آبیاری ۷ و ۱۴ روزه مشاهده نشد. شایان‌ذکر است که اگرچه ممکن است تفاوت آماری معنی‌داری بین این دو تیمار آبیاری از نظر بهره‌وری اقتصادی وجود نداشته باشد، اما افزایش عملکرد آبیاری در فواصل زمانی ۷ و ۱۴ روزه در شرایط یکسان برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌طور میانگین ۸۰۰ کیلوگرم بر هکتار است.

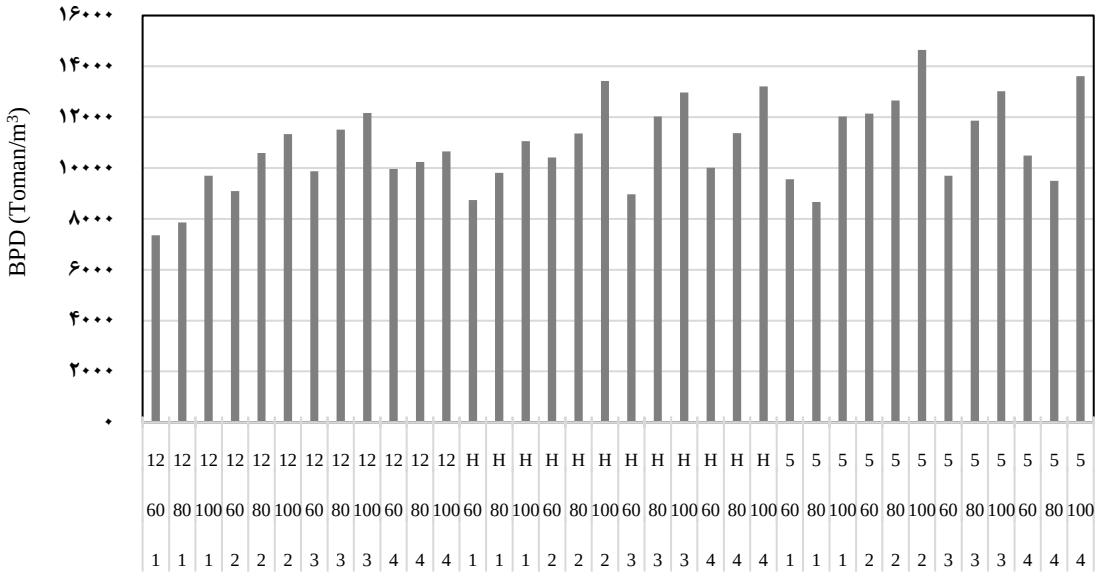
با توجه به درآمد حاصل از تولید برنج، این میزان عملکرد محصول می‌تواند برای کشاورزان مقرون به‌صرفه باشد. همچنین نتایج آماری بهره‌وری اقتصادی با سود ناخالص در سه سال زراعی نشان داد که افزایش میزان کود نیتروژن باعث افزایش BPD شد. نتایج آماری ژنوتیپ‌ها برای هر سه فصل زراعی موردمطالعه نشان داد که رقم هاشمی موفق به افزایش بیشتر BPD نسبت به دو ژنوتیپ دیگر شد.



شکل ۶- بهره‌وری اقتصادی با سود ناخالص (BPD) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۶



شکل ۷- بهره‌وری اقتصادی با سود ناخالص (BPD) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۷



شکل ۸- بهره‌وری اقتصادی با سود ناخالص (BPD) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۸

اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر میزان بهره‌وری اقتصادی با سود خالص (NBPD) آب آبیاری در ژنوتیپ‌های مختلف برنج

برای رقم‌های هاشمی وM5 ، بهره‌وری اقتصادی با سود خالص (NBPD) برای هر سه میزان کود ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و برای هر سه سال ۹۶، ۹۷ و ۹۸ در دور آبیاری ۷ روزه به حداکثر خود رسیده است؛ اما ژنوتیپ M12 رفتار متفاوتی از خود

نشان داده است. در سطح کودی ۶۰ کیلوگرم در هکتار، در سال ۹۶، در دور آبیاری ۱۴ روزه و در سال‌های ۹۷ و ۹۸، در دور آبیاری ۷ روزه بیشترین مقدار NBPD حاصل شده است. در سطح کودی ۸۰ کیلوگرم در هکتار، در سال ۹۶، دور آبیاری ۲۱ روزه و سال‌های ۹۷ و ۹۸، دور ۱۴ روزه بهره‌وری اقتصادی با سود خالص را به حداکثر رسانده و در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار، در سال‌های ۹۶ و ۹۷، در دور آبیاری ۱۴ روزه و در سال ۹۸، در دور ۷ روزه NBPD بیشینه شده است (شکل‌های ۱۱-۹). نتایج تجزیه واریانس ترکیبی در سه سال موردمطالعه نشان داد که عامل سال در سطح احتمال ۵ درصد، آبیاری، کود و ژنوتیپ با احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر NBPD داشتند (جدول ۴). بر اساس نمودارهای ۶ و ۷، نمودار روند شاخص NBPD برای سه ژنوتیپ موردمطالعه در سطوح مختلف کودی و آبیاری بر اساس تجزیه واریانس، نتایج متفاوتی را برای تیمارهای آبیاری در هر دو سال نشان داد، به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۶، تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار آبیاری غرقابی بافاصله آبیاری ۷ روز و همچنین در سال ۱۳۹۷ بین تمام رژیم‌های آبیاری به‌جز تیمار آبیاری غرقابی در فاصله آبیاری ۱۴ روز تفاوت معنی‌داری وجود داشت. طبق آمار نتایج NBPD در سال ۱۳۹۶، بین دو تیمار آبیاری در شرایط سیلابی بافاصله آبیاری ۱۴ روز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نتایج آماری میزان مصرف کود نیتروژن که مطابق با سایر نتایج آماری است، نشان داد که افزایش کود نیتروژن باعث افزایش NBPD شد .رقم هاشمی از بالاترین NBPD برخوردار بود. با توجه به نتایج آماری بهره‌وری آب می‌توان نتیجه گرفت که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق رضوی پور و همکاران (۱۳۹۷) همخوانی دارد. از این نظر که افزایش مصرف کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد می‌شود. بر اساس نتایج فوق، استفاده از کود نیتروژن اثرات مثبتی بر عملکرد ژنوتیپ‌های موردمطالعه دارد؛ بنابراین بیشترین بهره‌وری آب در سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. علاوه بر این، نتایج فاصله آبیاری ۷ روزه از نظر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی بیشترین بازدهی را داشت. به همین دلیل است که مطالعات دیگر معمولاً فواصل آبیاری ۷ تا ۸ روزه را مناسب‌ترین می‌دانند (رضایی و همکاران، ۲۰۱۱؛ زارع و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به ژنوتیپ‌های معرفی‌شده مقاوم به تنش خشکی و اثر متقابل آب و کود نیتروژن، درجه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب ژنوتیپ‌های برنج بر اساس تیمارهای ژنوتیپ، فاصله آبیاری و کود نیتروژن تعیین شد. به‌منظور مدیریت بهینه آب و افزایش بهره‌وری فیزیکی آب و عملکرد محصول، رقم هاشمی با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تیمار فاصله ۷ روزه به‌عنوان بهترین گزینه برای این منطقه پیشنهاد می‌شود. نتایج این تحقیق به ۱۷۶۰۰۰ هکتار از اراضی آبی تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود تعمیم داده شد. با توجه به حجم آب مخزن، بهترین فاصله آبیاری توصیه‌شده، ۷ روز است. این فاصله آبیاری با ذخیره آب حدود ۲۸۵ میلیون مترمربع در فصل زراعی بهترین مدیریت آبیاری برنج بود. برای تحقیقات آتی، استفاده از مدل‌های گیاهی مناسب مانند DSSAT(جونز و همکاران، ۲۰۰۳) برای ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریت آب و نیتروژن توصیه می‌شود، علاوه بر این، اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی برنج باید در منطقه ارزیابی شود.

اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر میزان بهره‌وری فیزیکی کود نیتروژن در ژنوتیپ‌های مختلف برنج

طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب در سه سال ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸، تأثیر فاکتورهای سال، آبیاری، واریته و کود بر بهره‌وری فیزیکی کود نیتروژن معنی‌دار است (جدول ۵ و شکل‌های ۱۴-۱۲).

الف- رقم هاشمی

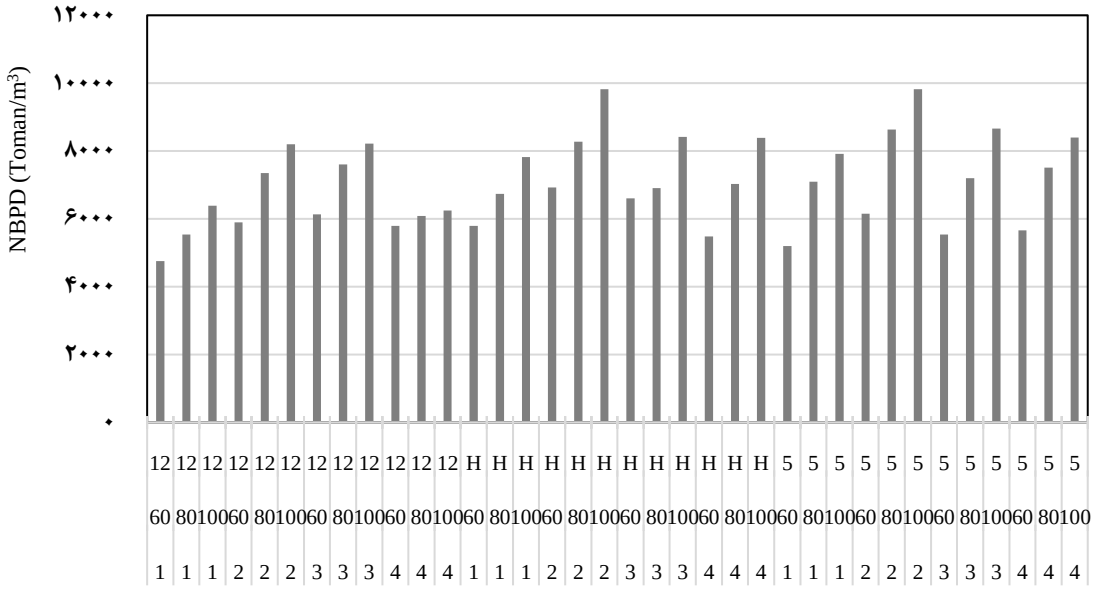
رقم هاشمی در هر سه میزان کود ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، در سال‌های ۹۶ و ۹۷ در دور آبیاری ۷ روزه و بعدازآن غرقاب بالاترین بهره‌وری فیزیکی کود را دارد. در سال ۹۸، کود ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار در غرقاب و بعدازآن ۷ روزه و کود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار مشابه سال‌های قبل نتیجه داده است.

ب- ژنوتیپ M5

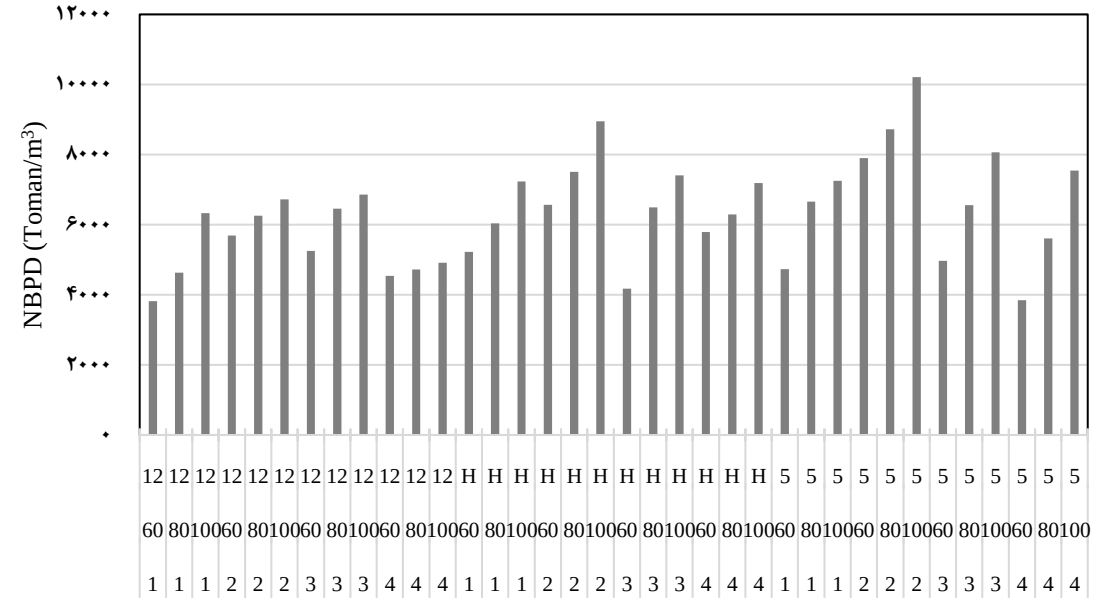
این ژنوتیپ در همه‌سال‌ها و همه مقادیر کود به‌جز یک مورد استثنا نتیجه مشابهی نشان داده است. بیشترین بهره‌وری فیزیکی کود را در آبیاری ۷ روزه و پس‌ازآن در غرقاب دارا بوده است.

پ- ژنوتیپ M12

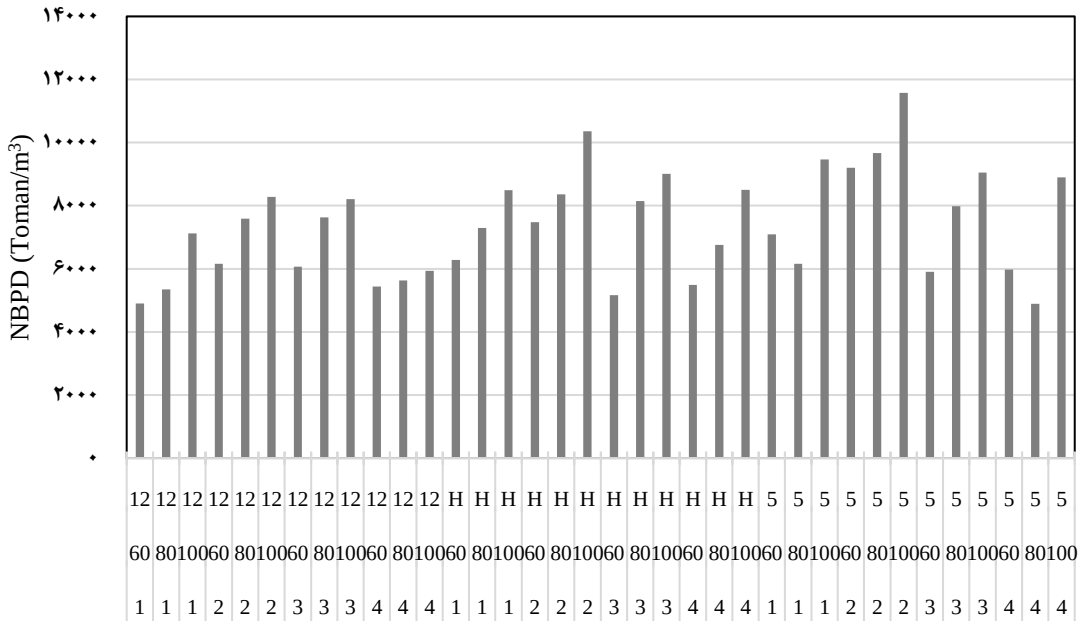
این ژنوتیپ بیشترین بهره‌وری فیزیکی کود را در آبیاری ۷ روزه و سپس غرقاب از خود نشان داده است.



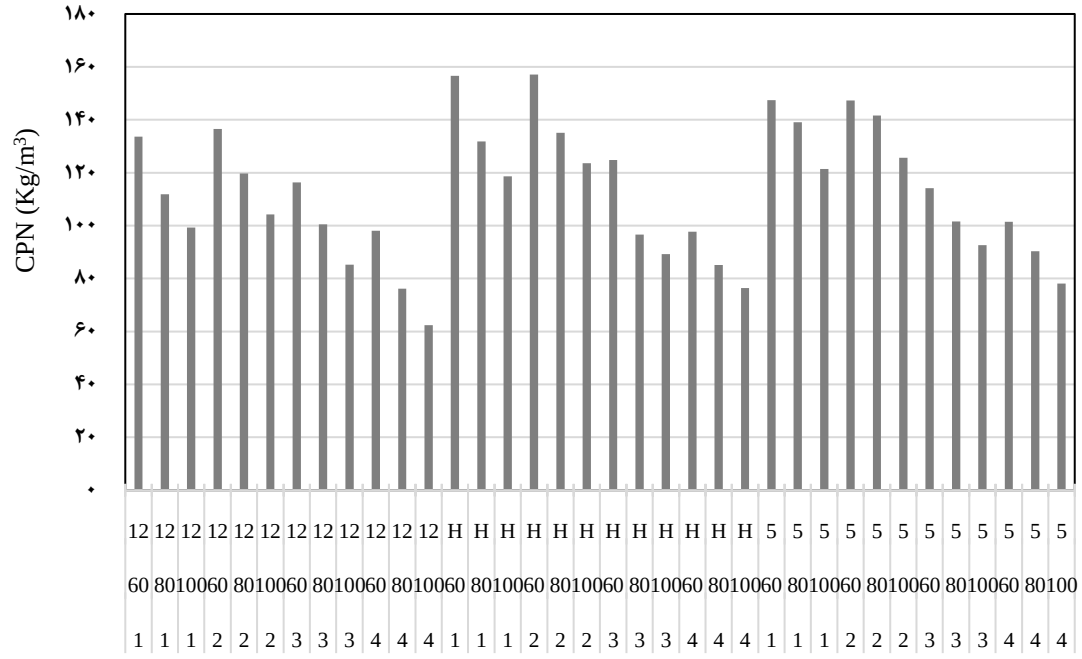
شکل ۹- بهره‌وری اقتصادی با سود خالص (NBPD) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۶



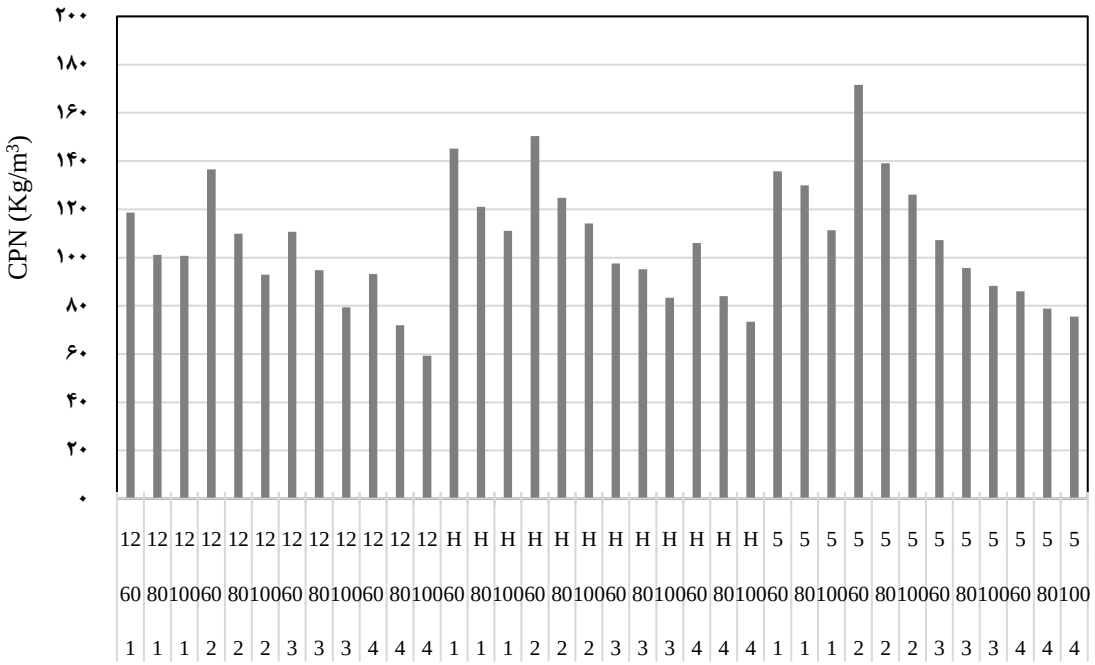
شکل ۱۰- بهره‌وری اقتصادی با سود خالص (NBPD) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۷



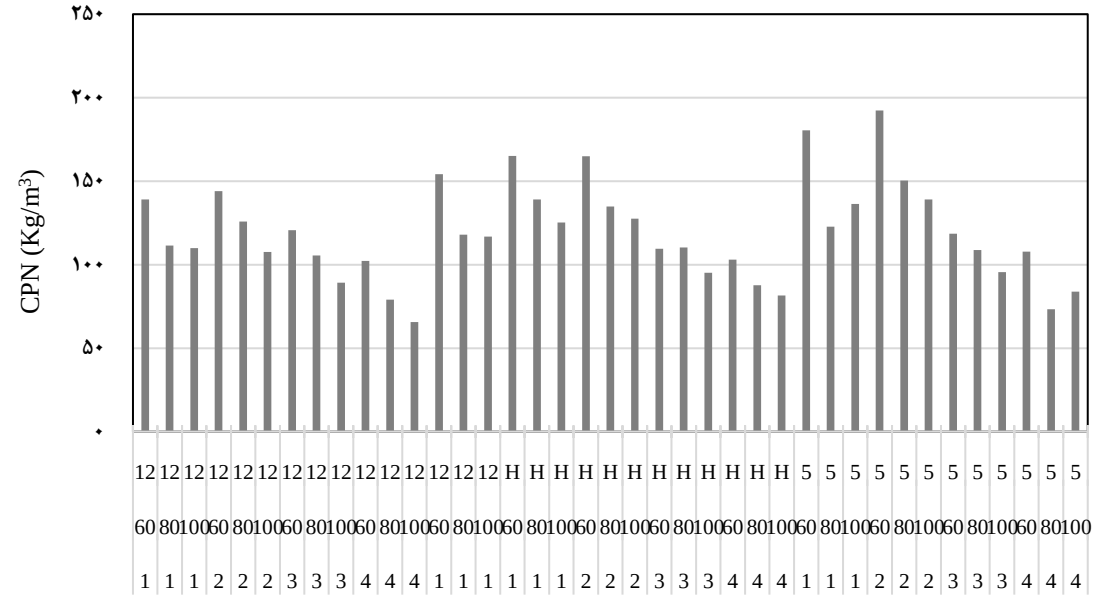
شکل ۱۱- بهره‌وری اقتصادی با سود خالص (NBPD) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۸



شکل ۱۲- بهره‌وری فیزیکی کود نیتروژن (CPN) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۶



شکل ۱۳- بهره‌وری فیزیکی کود نیتروژن (CPN) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۷



شکل ۱۴- بهره‌وری فیزیکی کود نیتروژن (CPN) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۸

جدول ۵- خلاصه تجزیه واریانس بهره‌وری فیزیکی، درآمد و سود به ازای واحد نیتروژن مصرفی طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۶

منبع واریانس	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)		
		بهره‌وری فیزیکی کود نیتروژن	درآمد به ازای واحد نیتروژن مصرفی	سود به ازای واحد نیتروژن مصرفی
سال	۲	۷۱۵*	۱/۴۰۲×۱۰^{۱۱}*	۱/۴۰۲×۱۰^{۱۱}*
آبیاری	۳	۴۵۲۲۳*	۱/۶۲۸×۱۰^{۱۲}*	۱/۶۲۸×۱۰^{۱۲}*
کود	۲	۲۵۴۸۵*	۹/۱۷۵×۱۰^{۱۱}*	۱/۶۸۳×۱۰^{۱۱}*
واریته	۲	۶۸۲۵*	۲/۴۵۷×۱۰^{۱۱}*	۲/۴۵۷×۱۰^{۱۱}*
سال * آبیاری	۶	۲۰۵	۷/۳۹۰×۱۰^{۹}	۷/۳۹۰×۱۰^{۹}
سال * نیتروژن	۴	۱۸۴	۶/۶۵۴×۱۰^{۹}	۶/۶۵۴×۱۰^{۹}
سال * واریته	۴	۶۴	۲/۳۲۱×۱۰^{۹}	۲/۳۲۱×۱۰^{۹}
آبیاری * نیتروژن	۶	۳۳۳	۱/۱۹۹×۱۰^{۱۰}	۱/۱۹۹×۱۰^{۱۰}
آبیاری * واریته	۶	۱۲۱۱	۴/۳۶۱×۱۰^{۱۰}	۴/۳۶۱×۱۰^{۱۰}
نیتروژن * واریته	۴	۶۵	۲/۳۵۹×۱۰^{۹}	۲/۳۵۹×۱۰^{۹}
سال * آبیاری* نیتروژن	۱۲	۱۶۳	۵/۸۷۱×۱۰^{۹}	۵/۸۷۱×۱۰^{۹}
سال * آبیاری * واریته	۱۲	۱۱۵	۴/۱۶۸×۱۰^{۹}	۴/۱۶۸×۱۰^{۹}
سال* نیتروژن * واریته	۸	۲۲۲	۷/۹۸۸×۱۰^{۹}	۷/۹۸۸×۱۰^{۹}
آبیاری* نیتروژن* واریته	۱۲	۹۳	۳/۳۵۲×۱۰^{۹}	۳/۳۵۲×۱۰^{۹}
سال * آبیاری* نیتروژن* واریته	۲۴	۷۲	۲/۵۹۰×۱۰^{۹}	۲/۵۹۰×۱۰^{۹}
خطا	۲۱۶	۴۶۹	۱/۶۸۹×۱۰^{۱۰}	۱/۶۸۹×۱۰^{۱۰}

(فاکتورهای با تأثیر معنی‌دار با * نشان داده شده‌اند.)

تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر میزان درآمد به ازای واحد نیتروژن مصرفی (BPN) در ژنوتیپ‌های مختلف برنج

الف- رقم هاشمی

در تمام مقادیر کود در دو سال ۹۶ و ۹۷، بیشترین BPN را در دور آبیاری ۷ روزه و سپس غرقاب مشاهده شد. در سال ۹۸، کود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار مشابه سال قبل و کودهای ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، بهترین غرقاب و ۷ روزه بهترین نتیجه را داده است.

ب- ژنوتیپ M5

به‌جز سال ۹۶ که در کود ۶۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، غرقاب و بعد ۷ روزه بهترین BPN را داشته در تمام سال‌ها و تمام مقادیر کود ابتدا دور آبیاری ۷ روزه و سپس غرقاب بالاترین BPN را دارا بوده است.

پ- ژنوتیپ M12

در هر سه سال ۹۶، ۹۷ و ۹۸ در کودهای ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بالاترین BPN در دور هفت‌روزه و سپس غرقاب بوده و در کود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار در هر سه سال ابتدا غرقاب و سپس دور آبیاری ۷ روزه بهترین جواب را در این زمینه داده است.

اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر میزان سود به ازای واحد نیتروژن مصرفی (NBPN) در ژنوتیپ‌های مختلف برنج

الف- رقم هاشمی

در تمام مقادیر کود در دو سال ۹۶ و ۹۷، بیشترین سود به ازای واحد نیتروژن مصرفی را در دور آبیاری ۷ روزه و سپس غرقاب مشاهده شد. در سال ۹۸، کود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار

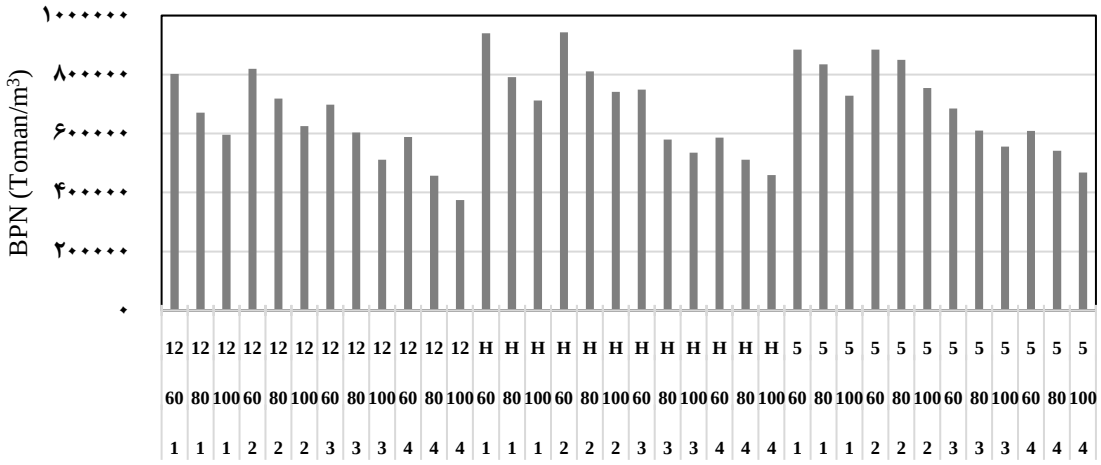
مشابه سال قبل و کودهای ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، بهترین غرقاب و ۷ روزه بهترین نتیجه را داده است.

ب- ژنوتیپ M5

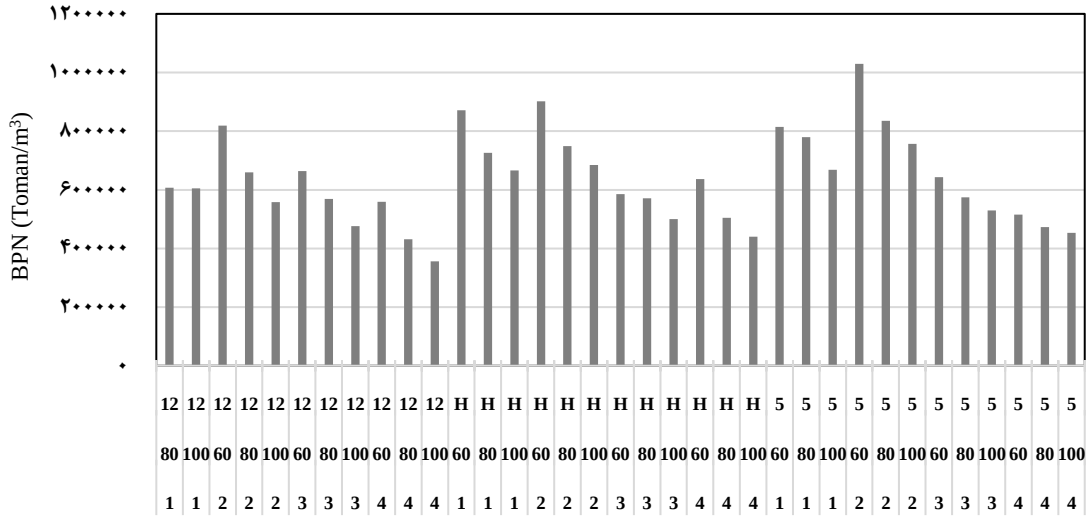
به‌جز سال ۹۶ که در کود ۶۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، غرقاب و بعد ۷ روزه بهترین NBPN را داشته در تمام سال‌ها و تمام مقادیر کود ابتدا دور آبیاری ۷ روزه و سپس غرقاب بالاترین NBPN کود را دارا بوده است.

پ- ژنوتیپ M12

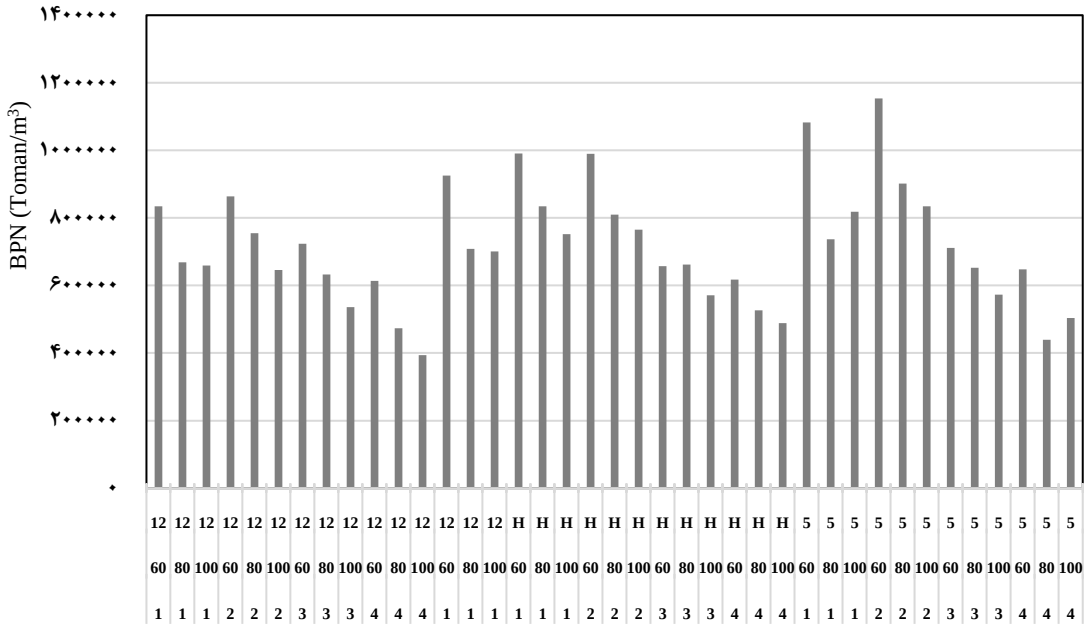
در هر سه سال ۹۶، ۹۷ و ۹۸ در کودهای ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بالاترین NBPN در دور هفت‌روزه و سپس غرقاب بوده و در کود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار در هر سه سال ابتدا غرقاب و سپس دور آبیاری ۷ روزه بهترین جواب را در این زمینه داده است.



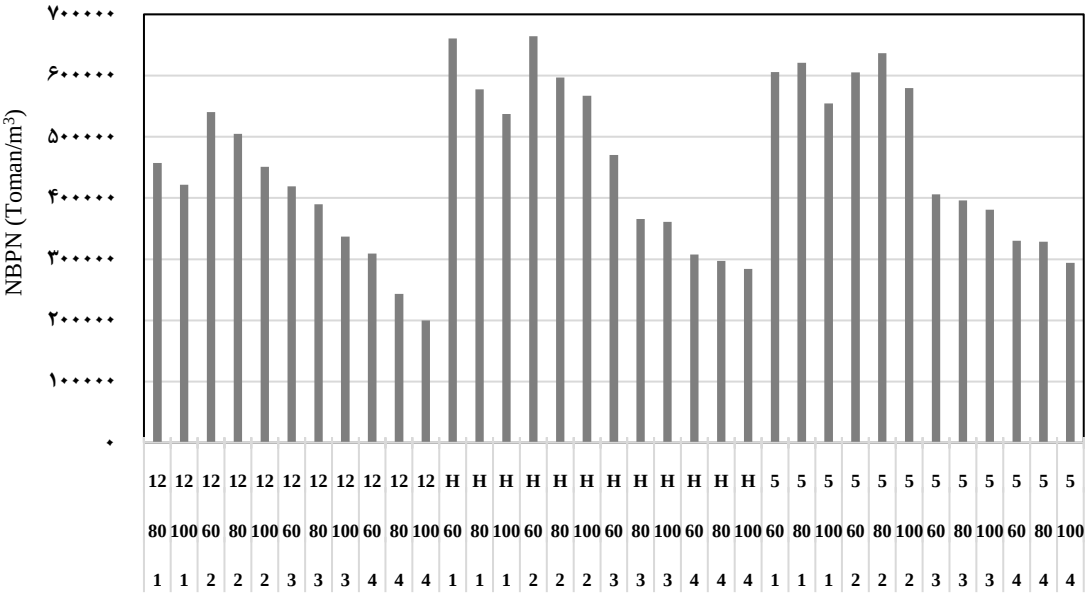
شکل ۱۵- درآمد به ازای واحد نیتروژن مصرفی (BPN) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۶



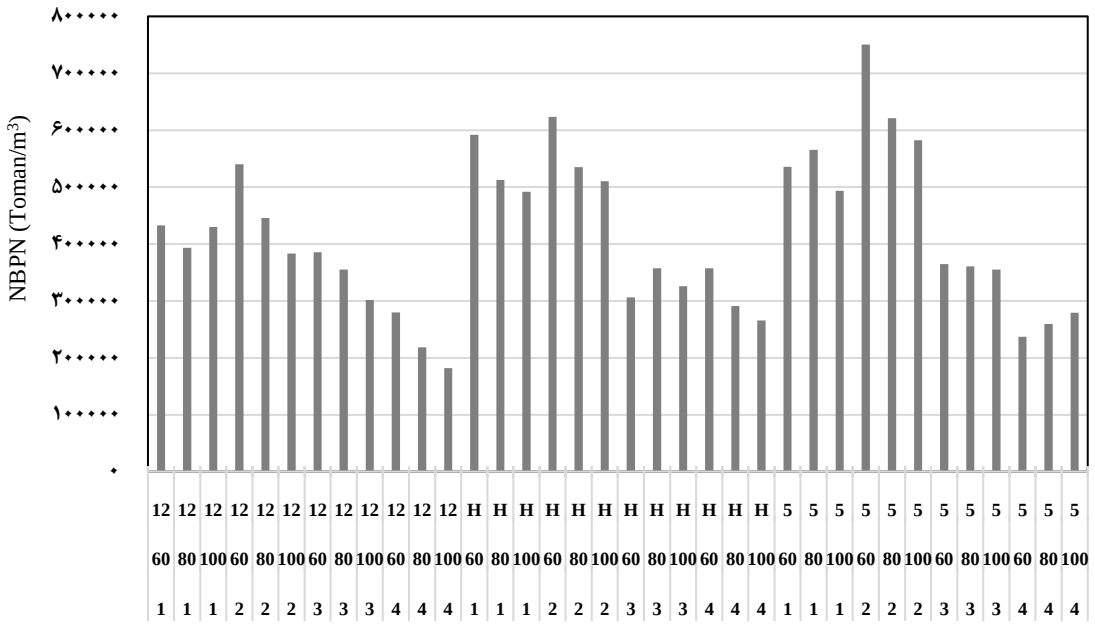
شکل ۱۶- درآمد به ازای واحد نیتروژن مصرفی (BPN) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۷



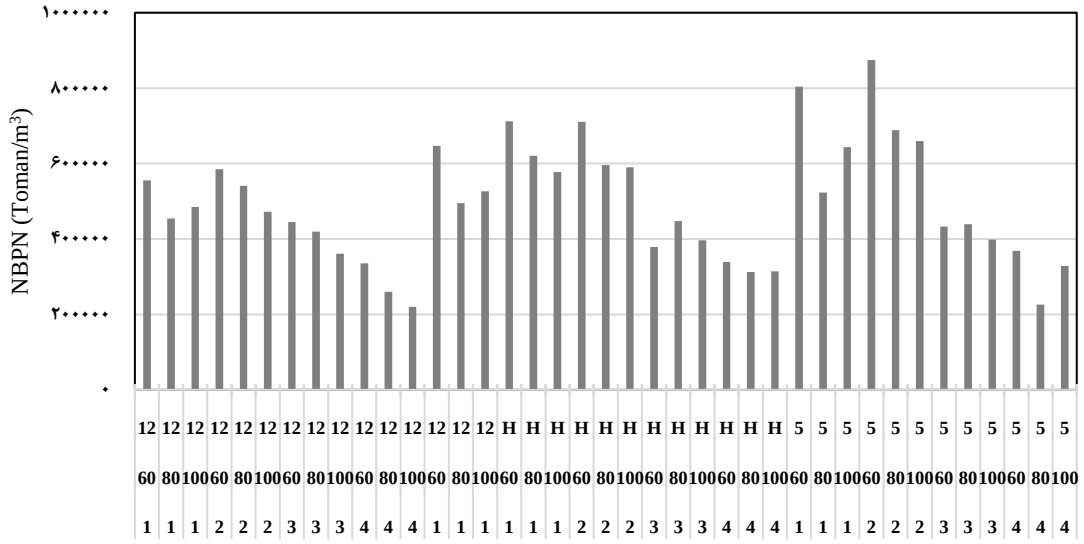
شکل ۱۷- درآمد به ازای واحد نیتروژن مصرفی (BPN) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۷



شکل ۱۸- سود به ازای واحد نیتروژن مصرفی (NBPN) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۶



شکل ۱۹- سود به ازای واحد نیتروژن مصرفی (NBPN) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۷



شکل ۲۰- سود به ازای واحد نیتروژن مصرفی (NBPN) برای هاشمی (H)، M5(5) و M12(12)، سطوح کود نیتروژن ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای آبیاری غرقاب (۱)، ۷ روز (۲)، ۱۴ روز (۳) و ۲۱ روز (۴) در سال ۱۳۹۸

نتیجه‌گیری

با بررسی ژنوتیپ‌های معرفی‌شده متحمل تنش خشکی و اثرات متقابل آب و کود نیتروژن بسته به نوع رقم، دور آبیاری و تیمار کودی میزان بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی برنج متفاوت است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ M5 با مصرف کود نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار با دور آبیاری ۲۱ روز

بیشترین بهره‌وری فیزیکی را داشته باشد. این تفاوت در کاهش میزان مصرف آب بسیار مناسب به نظر می‌رسد اما با توجه به اختلاف بسیار بالای عملکرد شلتوک در دور آبیاری ۲۱ روز با دیگر تیمارهای آبیاری قابل توصیه نیست. ژنوتیپ M12 در سال ۹۸، ژنوتیپ M5 در سال ۹۷ و رقم هاشمی در سال ۹۶ با دور آبیاری ۱۴ روز با اختلاف عملکرد بهتر به لحاظ حجم آب مصرفی نسبت به دور آبیاری ۲۱ روز را داشته است و می‌تواند در شرایط کمبود آب جایگزین مناسبی برای دور آبیاری ۷ روز باشد اما باید در نظر داشت که دور آبیاری ۱۴ روز کاهش بهره‌وری اقتصادی را نیز به همراه دارد. در راستای مدیریت بهینه مصرف آب، افزایش بهره‌وری فیزیکی آب و افزایش عملکرد شلتوک، رقم هاشمی در تیمار کود ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار در دور آبیاری ۷ روز گزینه پیشنهادی این پژوهش است، این رقم بیشترین پتانسیل و توانایی ایجاد ارزش اقتصادی بر اساس نهاده آب مصرفی را نیز داشته است. نتایج این پژوهش به اراضی زراعی ۱۷۱۰۰۰ هکتاری تحت پوشش آبیاری سد سفیدرود تعمیم داده شد. با توجه به حجم مخزن بهترین دور آبیاری پیشنهادی کماکان برای دور آبیاری ۷ روز است. این دور آبیاری با ذخیره آب در حدود ۲۸۵ میلیون مترمکعب در هر دوره‌ی کشت بهترین نوع مدیریت در اراضی زراعی برنج است.

منابع

ابراهیمی‌راد، ح. ۱۳۸۹. بررسی اثرات تغییرات کیفیت آب آبیاری شبکه سفیدرود در دوره‌های مختلف رشد بر عملکرد برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد.

اسدالهی شریفی، ف.، امین پناه، ه. و یعقوبی، ب. ۱۳۹۷. کنترل شیمیایی علف‌های هرز شالیزار در شرایط آبیاری تناوبی. تحقیقات غلات. ۸ (۱): ۵۶-۴۵.

جوان، ج. و فال سلیمان، م. ۱۳۸۷. بحران آب و لزوم توجه به بهره‌وری آب کشاورزی در نواحی خشک (مطالعه موردی: دشت بیرجند). مجله جغرافیا و توسعه. ۱۱: ۱۱۸-۱۱۵.

رضوی‌پور، ت.، خالدیان، م. و رضایی، م. ۱۳۹۷. تاثیر میزان و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد و درصد جذب عناصر در برنج رقم هاشمی. انسان و محیط زیست. ۱۶(۲): ۱۶۴-۱۵۳.

زارع، ن.، خالدیان، م. ر.، پیرمرادیان، ن. و رضایی، م. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد برنج تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در یک دوره آمار هواشناسی طولانی مدت با مدل CropSyst. مدیریت آب در کشاورزی. ۲(۱): ۵۶-۴۹.

An, N., Zhang, L., Liu, Y., Shen, S., Li, N., Wu, Z., Yang, J., Han, W. and Han, X. 2022. Biochar application with reduced chemical fertilizers improves soil pore structure and rice productivity. Chemosphere. 298: 134304.

Bouman, B. and Tuong, T. 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. Agricultural Water Management. 49: 11–30.

Carracelas, G., Hornbuckle, J., Rosas, J. and Roel, A. 2019. Irrigation management strategies to increase water productivity in Oryza sativa (rice) in Uruguay. Agricultural Water Management. 222: 161–172.

Carrijo, D.R., Lundy, M.E. and Linquist, B.A. 2017. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: a meta-analysis. Field Crops Researh. 203: 173–180.

Datta, A., Ullah, H. and Ferdous, Z. 2017. Water Management in Rice, Chapter 11.

Dossou Yovo, E.R. and Saito, K. 2021. Impact of management practices on weed infestation, water productivity, rice yield and grain quality in irrigated systems in Côte d'Ivoire. Field Crops Research. 270: 108209.

GRISP (Global Rice Science Partnership). 2013. Rice Almanac, 4th edition. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines.

Ishfaq, M., Akbar, N., Anjum, S.A. and Anwar-ul-haq, M. 2020. Growth, yield and water productivity of dry direct seeded rice and transplanted aromatic rice under different irrigation management regimes. Journal of Integrative Agriculture. 19(11): 2656–2673.

Islam, S.F., de Neergaard, A., Sander, B.O., Jensen, L.S., Wassmann, R. and van Groenigen, J.W. 2020. Reducing greenhouse gas emissions and grain arsenic and lead levels without compromising yield in organically produced rice. Agric. Ecosyst. Environ. 295: 106922.

components of rice of Hashemi local cultivar in Guilan. Journal of Agronomy. 93: 57-67.

Rejesus, R.M., Palis, F.G., Rodriguez, D.G.P., Lampayan, R.M. and Bouman, B.A.M. 2011. Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: evidence from rice producers in the Philippines. Food Policy. 36: 280–288.

Sander, B.O., Samson, M. and Buresh, R.J. 2014. Methane and nitrous oxide emissions from flooded rice fields as affected by water and straw management between rice crops. Geoderma. 235: 355–362.

Siopongco, J.D., Wassmann, R. and Sander, B.O. 2013. Alternate wetting and drying in Philippine rice production: feasibility study for a Clean Development Mechanism (No. 2215-2019-1632).

Sudhir-Yadav, Humphreys, E., Li, T., Gill, G. and Kukal, S.S. 2012. Evaluation of tradeoffs in land and water productivity of dry seeded rice as affected by irrigation schedule. Field Crops Research. 128: 180–190.

Tanaka, A., Johnson, J. M., Senthilkumar, K., Akakpo, C., segda, Z., Yameogo, L., Bassoro, I. and Lamare, D. 2017. On-farm rice yield and its association with biophysical factors in sub-Saharan Africa. European Journal of Agronomy. 85: 1–11.

Wang, Z., GU, D., Beebout, S., Zhang, H., Liu, L., Yang, J. and Zhang, J. 2018. Effect of irrigation regime on grain yield, water productivity, and methane emissions in dry direct-seeded rice grown in raised beds with wheat straw incorporation. The Crop Journal. 6(5): 495-508.

Yao, F., Huang, J., Cui, K., Nie, L., Xiang, J., Liu, X. 2012a. Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. Field Crops Research. 126: 16–22.

Yao, Z., Zheng, X., Dong, H., Wang, R., Mei, B. and Zhu, J. 2012b. A 3-year record of N2O and CH4 emissions from a sandy loam paddy during rice seasons as affected by different nitrogen application rates. Agric. Ecosyst. Environ. 152: 1–9.

Yang, J., Zhou, Q. and Zhang, J. 2017. Moderate wetting and drying increases rice yield and

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J. and Ritchie, J.T. 2003. The DSSAT cropping system model. European Journal of Agronomy. 18(3-4): 235-265.

Khaledian, M.R., Mailhol, J.C., Ruelle, P., Mubarak, I. and Maraux, F. 2011. Nitrogen balance and irrigation water productivity for corn, sorghum and durum wheat under direct seeding into mulch when compared with conventional tillage in the southeastern France. Irrigation Science, 29(5): 413-422.

Khaledian, M.R., Mailhol, J.C., Ruelle, P. and Mubarak, I. 2012. Impacts of direct seeding into mulch on the yield, water use efficiency and nitrogen dynamics for corn, sorghum and durum wheat. Irrigation and Drainage, 61: 398-409.

Lampayan, R.M., Samoy-Pascual, K.C., Sibayan, E.B., Ella, V.B., Jayag, O.P., Cabangon, R.J. and Bouman, B.A.M. 2015. Effects of alternate wetting and drying (AWD) threshold level and plant seedling age on crop performance, water input, and water productivity of transplanted rice in Central Luzon, Philippines. Paddy Water Environ. 13: 215–227.

Liang, K., Zhong, X., Huang, N., Lampayan, R. M., Pan, J., Tian, K. and Liu, Y. 2016. Grain yield, water productivity and CH4 emission of irrigated rice in response to water management in south China. Agricultural Water Management. 163: 319-331.

Mahajan, G., Chauhan, B.S., Timsina, J., Singh, P.P. and Singh, K. 2012. Crop performance and water- and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertiliser amounts in northwest India. Field Crops Research. 134: 59–70.

Poddar, R., Acharjee, P. U., Bhattacharyya, K. and Patra, S. k. 2022. Effect of irrigation regime and varietal selection on the yield, water productivity, energy indices and economics of rice production in the lower Gangetic Plains of Eastern India. Agricultural Water Management. 107327.

Rezaei, M., Amiri, E. and Motamed, M.K. 2011. Effect of intermittent irrigation and different amounts of nitrogen on yield and yield

reduces water use, grain arsenic level, and methane emission. Crop Journal. 5: 151–158.

Zhang, T., Hou, Y., Meng, T., Ma.Y., Tan, M., Zhang, F. and Oenema, O. 2021. Replacing synthetic fertilizer by manure requires adjusted technology and incentives: A farm survey across China. Resources, Conservation and Recycling. 168: 105301.

.

Water Management in Agriculture
Vol. 10, No. 1 Spring and Summer 2023, 81-104

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار و تابستان۱۴۰۲، ص. ۱۰۴-۸۱

Economic Productivity of Water and Nitrogen in Three Rice Genotypes under the Climatic Conditions of Guilan Province

H. Ahmadpour[1], S. Besharat[2*], M.R. Khaledian[3], M. Rezaei[4] and F. Asadzadeh[5]

Abstract

It is necessary to optimize the use of water resources and nitrogen fertilizers through proper planing and management to increase economic efficiency while saving inputs , without significantly affecting riceyield. This study investigates the physical and economic productivity of water and nitrogen in three rice varieties under different irrigation and nitrogen fertilizer treatments. The experiment was conducted using a split- plot design based on a randomized complete block design with three replications over three years at the Rice Research Institute of Iran located in Guilan Province, RashtCounty . The main factor in this experiment was irrigation management at four levels: flood irrigation (I1) and alternate irrigation treatments (I2, I3, and I4),with irrigation intervals of 7, 14, and 21 days, respectively. In addition to the main factor, the subfactors included the certified local variety Hashemi, and two varieties, M5, and M12, at three nitrogen fertilizer levels of 60, 80, and 100 kg nitrogen per hectare. The results of this study showed that genotype M5 with 100 kg of nitrogen per hectare and a 21-day irrigation interval had the highest physical water productivity. Under conditions of severe water scarcity during the rice growing season, a 14-day irrigation interval can result in better performance in terms of physical water productivity compared to a 21-day interval, but it leads to lower economic productivity compared to the 7-day irrigation interval. In this study, the certified Hashemi rice variety with the 7-day irrigation interval and 100 kg of nitrogen per hectare showed optimal physical water productivity and the highest economic return under Gilan Province conditions.. According to the results of this study, using alternate irrigation whit a 7-day interval could save 285 million cubic meters of water in the Sefidroud irrigation and drainage network.

Keywords: Irrigation management, Rasht, Rice,Water deficit

[1] Ph.D Student in Irrigation and Drainage Engineering, Department of Water Eng, Faculty of Agricultural Sciences, Urmia University, Urmia, Iran
[2] Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran (* Corresponding author: s.besharat@urmia.ac.ir)
[3] Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center
[4] Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
[5] Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran
Received: 15 Aug 2023
Accepted: 5 Oct 2023