نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۰ / شماره ۲ / ۱۳۹۵
DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jwra.2016.106640

تاثیر مقادیر آب و نیتروژن مصرفی بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در دو روش کشت برنج

رضا اسدی، امین علیزاده[۱] *، حسین انصاری، مسعود کاوسی و ابراهیم امیری

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه فردوسی مشهد و مربی پژوهش معاونت مازندران، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران.
r_asadi1 @yahoo.com
استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
alizadeh@um.ac.ir
دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
ansary@um.ac.ir
دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور،سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گیلان، ایران.
masoud_kavoosi2@yahoo.com
دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ایران.
eamiri57@yah00.com

چکیده

کشت برنج در ایران بیشتر به‌صورت غرقاب با استفاده از ارقام برنج آبی بوده که در این روش کشت، آب و کود نیتروژن به مقدار زیادی مصرف می‌شود. از سوی دیگر، سختی کار، همراه با هزینه‌های بسیار زیاد آماده‌سازی زمین، از معضلات کشت برنج در کشور به شمار می‌رود. بنابراین برای ارزیابی روش‌های مختلف کشت و با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب، کود نیتروژن و ارتقای بهره‌وری آب در کشت برنج، آزمایشی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از رقم جدید برنج به نام کشوری، در سال زراعی ۱۳۹۳ در معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) انجام شد. در این تحقیق فاکتور اصلی شامل دو روش کشت نشایی در بستر سنتی (گل‌خراب شده) و هوازی (بدون گل‌خرابی)، و فاکتور فرعی شامل چهار سطح آبیاری (۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و آبیاری غرقابی) و فاکتور فرعی فرعی با چهار سطح نیتروژن (صفر، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که اثر روش کشت بر آب مصرفی و بهره‌وری آب و اثر فاکتور آبیاری و نیتروژن بر آب مصرفی، بهره‌وری آب، عملکرد و صفات مرتبط با عملکرد، از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. روش کشت هوازی موجب صرفه‌جویی در مقدار آب مصرفی و افزایش بهره‌وری آب به ترتیب به مقدار ۲۷/۹۵ و ۲۹/۱۱ درصد شد. به‌علاوه عملکرد و بهره‌وری آب، با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن، به‌صورت معادله خطی افزایش یافت. با توجه به اثرات متقابل تیمارها، مصرف آب آبیاری معادل ۱۳۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و میزان کود مصرفی برابر با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره با داشتن عملکرد مطلوب و صرفه‌جویی در مصرف آب و نیتروژن به ترتیب به مقدار ۸/۹ درصد و ۳۳ درصد، بهترین تیمار در این پژوهش شناخته شد.

واژگان کلیدی : آبیاری تناوبی، گل‌خراب، تنش آبی، روش کشت، هوازی.

۱- آدرس نویسنده اول: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، استاد گروه علوم و مهندسی آب.

* - وصول: بهمن ۱۳۹٤ و پذیرش:اردیبهشت ۱۳۹۵

مقدمه

با توجه به کمبود آب و کم بودن بهره‌وری آب، استفاده بهینه از این ماده حیاتی به منظور حفظ امنیت غذایی به ویژه در ارتباط با محصول استراتژیک برنج که میزان افزایش تولید آن در سال ۲۰۲۵ در مقایسه با تولید فعلی باید بیش از ۷۰ درصد باشد ضروری به نظر می‌رسد (تانگ، ۱۹۹۸). بنابراین برای غلبه بر معضلات پیش‌رو، متخصصین آب در دنیا، با توجه به شرایط خاص در هر منطقه، به دنبال مدیریت بهینه آب در آن مناطق می‌باشند. تاکنون مطالعات و پژوهش‌های زیادی برای شناخت بیشتر واکنش برنج به تنش خشکی و یافتن راه حل‌هایی برای کمتر نمودن اثرات منفی آن انجام شده است. تنش آبی ناشی از آبیاری غیر غرقابی علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی (بلدر و همکاران، ۲۰۰۵)، با جلوگیری از انتقال املاح و عناصر به گیاه و کاهش فتوسنتز (وپیرز، ۱۹۹۹)، باعث کاهش تعداد پنجه بارور و غیر بارور، طول خوشه، زیست‌توده، درصد دانه پر، وزن هزاردانه و در نهایت عملکرد برنج شد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۲). از طرف دیگر تحقیقات نشان دادند، کاهش مصرف آب، به‌نحوی که موجب ایجاد تنش در گیاه نشود، نه تنها سبب کاهش عملکرد نمی‌شود بلکه در شرایط خاص، سبب افزایش عملکرد می‌شود. برای نیل به این هدف، آبیاری تناوبی گزینه مناسبی می‌باشد. اسدی (۱۳۹۲) گزارش کرد اعمال دو بار خشکی در طول مرحله رویشی گیاه برنج، سبب افزایش عملکرد و اعمال دور آبیاری متناوب تاثیری معنی‌داری روی عملکرد در مقایسه با آبیاری غرقابی نداشت.

تغییر روش کشت از غرقابی به هوازی، یکی از گزینه‌ها، برای کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب می‌باشد. در روش کشت هوازی عملیات گل‌خرابی در بستر کشت انجام نمی‌شود و آب مورد نیاز جهت آماده-سازی زمین در این روش صرفه‌جویی می‌شود (بومن، ۲۰۰۷). کابانگون و همکاران، (۲۰۰۲) گزارش کردند، کشت هوازی موجب کاهش مصرف آب و افزایش بهره-وری در مقایسه با کشت نشایی و کشت بذر در بستر مرطوب شده است. کاتو و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه بهره‌وری آب در شرایط هوازی در کشور ژاپن گزارش نمودند که اندازه این شاخص در دامنه ۰/۸ تا ۱/۰ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب بوده است که برای محصول برنج رقم مناسبی محسوب می‌شود. بالاسوبرامانین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند در سیستم کشت هوازی عملکرد برنج ٦- ۵ درصد از کشت سنتی بیشتر بوده و باعث صرفه‌جوی در مصرف آب به مقدار ۳۷ تا٤٠ درصد می‌شود. سامانه‌های کشت برنج هوازی، از روشهای مناسب برای صرفه‌جویی در مصرف آب و نیروی کارگری می‌باشد (سینگ و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین مقاومت ارقام برنج در شرایط کم‌آبی (کشت هوازی) متفاوت می‌باشد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۲).

عوامل مختلف دیگری، به استثنای خشکی، بر عملکرد برنج موثر می‌باشند. یکی از این عوامل، مدیریت کود نیتروژن است. افزایش عملکرد گیاه برنج نیازمند مصرف عناصر غذایی بیشتر است. یکی از مهم‌ترین عناصر تعیین‌کننده، نیتروژن است (مصطفوی‌راد و همکاران، ۱۳۸۲). محدودیت عناصر غذایی در مرحله رشد رویشی سبب کاهش ذخیره‌سازی مواد غذایی و مانع پر شدن دانه و افزایش تعداد دانه‌پوک می‌شود و استفاده از نیتروژن حتی در زمان آبیاری تناوبی باعث افزایش عملکرد می‌شود (بلدر و همکاران ، ۲۰۰۵). میسنر و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند تاثیر کود نیتروژن روی عملکرد ارقام برنج در شرایط هوازی در مقایسه با غرقابی متفاوت می‌باشد، در روش کشت مستقیم در بستر خشک با مصرف ۱/۵ برابری کود نیتروژن نسبت به زمین گل-خراب شده، عملکرد یکسانی به‌دست آمد و در بعضی از ارقام راندمان جذب نیتروژن در شرایط غیرهوازی افزایش یافت. پامپولینو و همکاران، (۲۰۰۷) گزارش کردند مصرف نیتروژن بیش از نیاز واقعی سبب آبشویی و

تخریب محیط زیست و حتی کاهش عملکرد نیز می شود. بنابراین، کمبود منابع آب در سطح کشور و تشدید آن با خشکسالی‌های اخیر و همچنین مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژن از یک سو و سختی شرایط کار در زراعت برنج، از سوی دیگر از جمله مشکلاتی است که کشت و پایداری تولید برنج را تهدید می‌کند. این مطالعه با هدف افزایش بهره‌وری‌آب، کم کردن سختی کار (حذف عملیات پادلینگ[۶])، به حداقل رساندن آثار زیانبار ناشی از مصارف بی‌رویه کودهای نیتروژن و با حفظ پایداری تولید گیاه برنج در روش جدید کشت (هوازی) به اجرا در آمد.

مواد و روش

آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در گیاه برنج (رقم پرمحصول کشوری) در معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) انجام شد. فاکتور اصلی شامل دو روش کشت نشایی در بستر سنتی (گل‌خراب شده) (M1) و هوازی (بدون گل‌خرابی) (M2) ، فاکتور فرعی شامل چهار سطح آبیاری T1 تا T4 به ترتیب، آبیاری غرقابی، ۱۳۰، ۱۰۰، ۷۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و فاکتور فرعی فرعی با چهار سطح نیتروژن N1 تا N4 به ترتیب، صفر، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع کود اوره بود.

انتخاب تیمارهای آبیاری با این فرض انجام شد که نیاز آبی گیاه برنج در واقع برابر با آب مورد نیاز جهت تامین تبخیر و تعرق است. همچنین با توجه به ضریب تشتک تبخیر(کلاس A) و ضریب گیاهی برنج، مقدار۱۰۰ درصد تبخیر ازتشتک (کلاس A) به عنوان نیاز آبی واقعی گیاه برنج در نظر گرفته شد.تغییر در میزان نفوذپذیری خاکهای شالیزار، یکی از مهمترین عوامل تفاوت، در آب مصرفی می‌باشد.

در مناطق مرکزی استان مازندران و در اراضی شالیزاری با پیشینه کشت برنج بیش از دهها سال، میزان نفوذ پذیری تقریبا برابر ۳-۲ میلی‌متر می‌باشد (اسدی ۱۳۸۸) که این مقدار تقریبا ۳۰ درصد از میزان مصرف آب در کشت برنج را تشکیل می‌دهد. بنابراین تیمارهای۳۰ درصد بالاتر از نیاز آبی واقعی برنج برای در نظر گرفتن تلفات ناشی از نفوذ پذیری و۳۰ درصد کمتر جهت بررسی عکس‌العمل گیاه برنج در شرایط تنش آبی است. تیمار غرقابی برای مقایسه با مصرف آب در شرایط سنتی انتخاب شد. علت انتخاب تیمارهای کودی بر پایه توصیه موسسه تحقیقات برنج برای ارقام پرمحصول مبنی بر مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره برای ارقام پرمحصول بود. با توجه به مطالعه انجام شده توسط میسنر و همکاران در سال ۲۰۰۲ مشخص شد که میزان مصرف نیتروژن در کشت هوازی بالاتر می‌باشد، به این سبب تیمارهای نیتروژن مصرفی بر مبنای۳۰ درصد بیشتر و همچنین۳۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده برای بررسی عکس العمل گیاه به کمبود نیتروژن در نظر گرفته شد. تیمار بدون مصرف نیتروژن به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد.

در روش کشت نشائی در بستر سنتی، برای آماده‌سازی زمین ابتدا سه هفته قبل از نشاءکاری زمین را شخم زده و سپس آبیاری انجام شد. شخم دوم را با استفاده از تراکتور سبک (دو هفته قبل از نشاءکاری) و شخم سوم همراه با عملیات گل‌خراب‌کردن (پادلینگ) و تسطیح زمین انجام گرفت. در این تحقیق چگونگی و شدت گل‌خرابی در حد عرف منطقه انجام شد. نقشه طرح در مزرعه پیاده و برای انجام آزمایش خاک از سطح مزرعه، نمونه‌برداری خاک انجام شد. در روش کشت هوازی (بستر کشت بدون گل‌خرابی)، برای آماده‌سازی زمین، مشابه کشت بذر در بستر خشک عمل شد. یعنی

---

۶ : پادلینگ (گل‌خراب) عبارت است از گل آب کردن (مخلوط کردن خاک و آب) خاک زراعی (عمق ۰- ۲۰ سانتی‌متر) به‌نحوی که ذرات رس در آب به صورت غوطه‌ور درآیند و بعد اتمام عملیات، ذرات غوطه ور در آب، در سطح خاک نشست نموده و مسیر خلل و فرج موجود در خاک را می‌پوشانند و نفوذ اب را به شدت کند می‌کنند.

برای آماده‌سازی زمین برای عملیات نشاکاری ابتدا سه هفته قبل از نشاکاری زمین را به‌صورت خشک، شخم و روتاری زده و برای مدیریت مناسب آبیاری، با عملیات ماله‌کشی، سطح کرت به‌طور کامل صاف شد. برای کنترل علف‌های هرز با سم بوتاکلر عملیات سم‌پاشی انجام و بعد از حذف اثرات سم و انجام آبیاری (در محدود ظرفیت زراعی و نقطه اشباع خاک)، عملیات نشاکاری انجام شد. سایر موارد شبیه روش کشت مرسوم انجام شد.

جدول ۱ – حجم آب مصرفی اندازه‌گیری شده در تیمارهای آبی

	تیمارهای آبیاری							
	T1M1 (غرقاب کامل)	T2M1 (٪۱۳۰ تبخیر از تشتک)	T3M1 (٪۱۰۰ تبخیر از تشتک)	T4M1 (٪۷۰ تبخیر ازتشتک)	T1M2 (غرقاب کامل)	T2M2 (٪۱۳۰ تبخیر از تشتک)	T3M2 (٪۱۰۰ تبخیر از تشتک)	T4M2 (٪۷۰ تبخیر از تشتک)
حجم آب مصرفی(m^3/h)	۸۰۸۱	۷۷۷۰	۶۸۶۰	۵۵۸۰	۶۶۳۲	۵۵۷۳	۴۷۰۵	۳۴۷۵

جدول ۲- نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه موسسه تحقیقات برنج – معاونت آمل

هدایت الکتریکی	واکنش خاک pH	فسفر قابل دسترس	پتاسیم قابل دسترس	مواد خنثی شونده	کربن آلی	رس	لای	شن	بافت خاک
(dS/m)		(mg/kg)			(%)				
۰/۶۰۶	۷/۶۸	۱۰	۱۸۰	۵	۱/۳۶	۲۷	۵۱	۲۰	Si-L

ارتفاع آب در تیمار غرقاب در هر دو روش کشت در کل دوره رشد ۵ – ۳ سانتی‌متر بود. در سایر تیمارهای آبی به استثنای هفته اول بعد از نشاکاری (جهت استقرار گیاه، ارتفاع آب را در کرت به میزان دو تا پنج سانتی‌متر نگه داشته شد)، در کلیه مراحل رویشی‌گیاه تا قبل از برداشت، آبیاری بر مبنای تیمارهای آبی و بر اساس درصدهایی از میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، و به فواصل ٤– ۳ روز انجام شد. حجم آب آبیاری در هر کرت به‌طور مجزا با استفاده از کنتور اندازه‌گیری شد (جدول۱). نیتروژن خالص بر اساس تیمارهای پیشنهادی از منبع اوره و کود سولفات پتاسیم با توجه به جدول تجزیه خاک (جدول ۲)، در سه مرحله، پایه: چهل درصد قبل از نشاکاری و سرک در دو مرحله: سی درصدی به ترتیب در اواسط پنجه‌دهی (چهار هفته) و حداکثر پنجه-دهی (شش هفته) در خاک مصرف شد. دیگر عملیات زراعی طبق توصیه موسسه تحقیقات برنج کشور انجام و برای تعیین میزان عملکرد دانه از سطح پنج مترمربع، شلتوک برداشت شد. علاوه بر آن وزن هزاردانه، تعداد دانه پر و پوک، درصد باروری، طول خوشه (از متوسط ده خوشه برداشت شده از کرت)، شاخص برداشت (شاخص برداشت بیان‌کنندهٔ نسبت عملکرد اقتصادی ‹ عملکرددانه › به عملکرد کل می‌باشد)، ارتفاع بوته و تعداد پنجه اندازه-گیری شدند. بهره‌وری آب (WP_{I+ER}) به صورت مقدار عملکرد تولید شده (Y) به ازای هر واحد آب مصرفی گیاه از طریق آبیاری (I) و بارندگی مؤثر (ER) برآورد شد. در نهایت تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد .

نتایج و بحث

تاثیر روش کشت بر صفات اندازه‌گیری شده

نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد در دو روش کشت (جدول ۵) نشان می‌دهد که عملکرد در سامانه کشت غرقابی و هوازی به ترتیب با kg/h ۵۵٤۰ و kg/h ۵۰۱۸ در یک گروه آماری قرار دارند. تفاوت اجرایی دو روش کشت، شیوه آماده‌سازی بستر کشت می-باشد که موجب تغییر در قابلیت نگهداری آب در خاک، در فواصل دو آبیاری می‌شود. در این پژوهش با توجه به اینکه فاصله دو آبیاری متوالی کم (٤– ۳روز) بود. به همین سبب شکاف‌های عریض و عمیق در بستر روش کشت هوازی مانند روش کشت سنتی ایجاد نشد. بنابراین

آب آبیاری از محیط ریشه خارج نشده و آب مورد نیاز برای تبخیر و تعرق به میزان کافی در روش کشت هوازی از طریق ریشه جذب شده و تنش آبی به گیاه برنج وارد نشده و در نتیجه کاهش معنی‌دار عملکرد رخ نداده است. کاتو و همکاران، (۲۰۰۹) گزارش کردند، میانگین عملکرد در شرایط هوازی مشابه و یا حتی بالاتر از شرایط غرقابی است. تغییر روش کشت بر میزان آب مصرفی موثر بوده و با توجه به مقایسه میانگین، صفت آب مصرفی در دو روش کشت، در دو کلاس مختلف قرار گرفت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که تاثیر سامانه‌های کشت بر میزان عملکرد در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار نبود (جدول ۳). میزان آب مصرفی در روش کشت هوازی معادل ۵۰۹۶/۲۵ مترمکعب در هکتار بوده (جدول ٤)، که سبب صرفه‌جویی در حجم آب مصرفی (آبیاری + بارندگی) به مقدار ۲۸ درصد در مقایسه با کشت به روش سنتی شده است (شکل ۱).

علت اصلی کاهش مصرف آب در روش کشت هوازی با توجه به مدیریت یکسان آبیاری در هر دو تیمار اصلی روش کشت، حذف مرحله آماده‌سازی زمین و عدم انجام عملیات پادلینگ است.چودری و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند، کاهش مصرف آب در برنج هوازی (کشت بذر در بستر غیر پادل) نسبت به کشت غرقابی (سنتی) به مقدار ۳۸ تا ٤۲ درصد است. در این پژوهش کاهش مصرف آب، موجب افزایش (معنی‌دار آماری در سطح پنج درصد) بهره‌وری‌آب، از ۰/۷۹ به ۱/۰۲ کیلوگرم دانه برنج به متر مکعب آب مصرفی، از روش کشت سنتی، به روش کشت هوازی شد (جدول ٤) که این رشد معادل ۲۹/۱۱ درصد است (شکل ۱). در روش کشت هوازی، به دلیل مصرف کم آب، و با توجه به شرایط اقلیمی و آب و خاک این منطقه، کاهش عملکرد صورت گرفت، اما این کاهش به مراتب کمتر از میزان آب صرفه‌جویی شده بود، به همین سبب روش کشت هوازی موجب افزایش بهره‌وری شد. چودری و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند کاهش آب مصرفی و کاهش عملکرد با یکدیگر متعادل شده به‌طوری که بهره‌وری آب، قابل مقایسه با روش‌های دیگر کشت برنج می‌شود. این نتیجه با نتایج، بومن و همکاران (۲۰۰۷)، کابانگون و همکاران، (۲۰۰۲) و بالاسوبرامانین و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد.

جدول ۳ – تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده

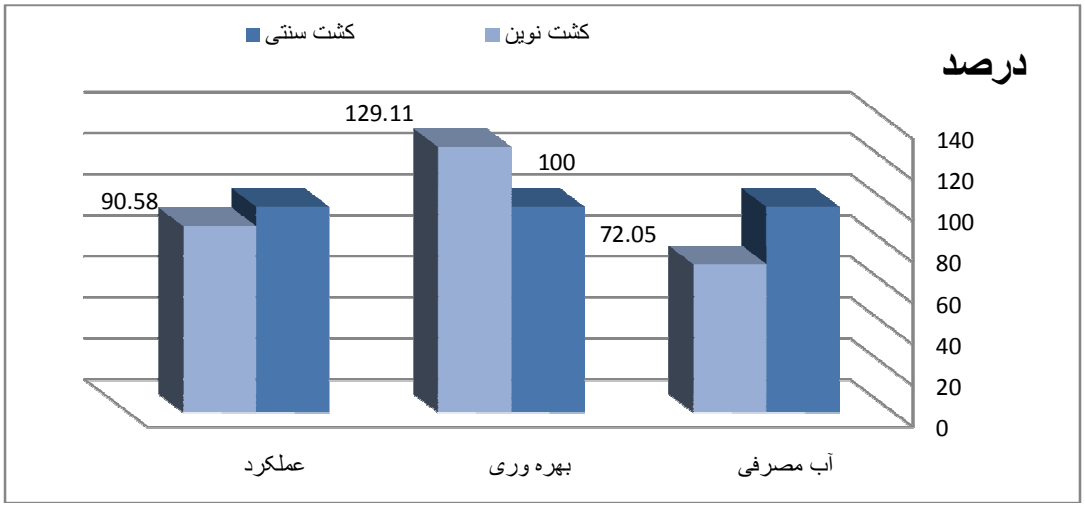
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد (kg/h)	هزار دانه (gr)	طول خوشه (cm)	دانه پر تعداد	دانه پوک تعداد	باروری (%)
بلوک	۲	۳۶۷۷۴/۵	۰/۸	۰/۷	۱۸۸/۳	۱۸۴/۷	۱۳/۱
روش کشت	۱	۶۵۵۰۳۷۳/۶ ns	۶/۳ ns	۸۳/۴ **	۳۱۹۵۹/۱**	۰/۱۴ ns	۱۵۲/ ns
خطای کرت اصلی	۲	۵۸۴۶۴۰/۹	۰/۹	۰/۳	۵۶/۹۱	۲۷۴/۳	۱۴/۰
آبیاری	۳	۴۴۷۳۹۶۰/۸**	۵/۱ **	۲/۵**	۴۰۳۴/۵**	۳۱۱/۹ ns	۷۶/۵ **
آبیاری× روش کشت	۳	۸۲۹۵۸/۰ ns	۰/۲ ns	۰/۱ns	۱۶۰۹/۵**	۸۱/۶ ns	۱۵/۴ns
خطای کرت فرعی	۱۲	۱۲۹۵۹۵/۹	۰/۷	۰/۴	۱۲۵/۸	۱۳۵/۸	۸/۳
نیتروژن	۳	۱۰۷۴۱۳۳۷/۴**	۱/۵ ns	۱۹/۱**	۴۶۶۰/۹**	۴۶۰/۳ *	۳/۹ ns
نیتروژن× روش کشت	۳	۱۰۸۵۶۴ ns	۱/۶ ns	۲/۲ *	۱۳۳/۲ ns	۱۰۰/۱ ns	۳/۴ ns
نیتروژن ×آبیاری	۹	۳۸۲۹۹۷/۳ **	۰/۹ ns	۰/۵ ns	۷۱۰/۹ **	۲۱۲/۸ ns	۱۲/۷ ns
نیتروژن×روش ×آبیاری	۹	۱۸۳۳۱۵/۰ *	۰/۹ ns	۰/۵ ns	۱۲۴/۷ ns	۲۰۸/۳ ns	۱۲/۶ ns
خطای کرت فرعی فرعی	۴۸	۸۱۴۶۳/۳	۱/۰	۰/۶	۱۹۰/۷	۱۳۲/۴	۸/۷
CV%		۵/۴	۴/۲	۲/۸	۵/۶	۱۹/۵	۳/۷

*و ** اختلاف معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد ns : عدم معنی‌دار بودن اختلاف

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		پنجه تعداد	ارتفاع بوته (cm)	زیست توده (gr)	شاخص برداشت (%)	آب مصرفی (M^3/h)	بهره وری (kg/m^3)
بلوک	۲	۸/۵	۹/۹	۱۳۸۸/۹	۲/۹	۱۴۰۳/۸	۱۹/۲
روش کشت	۱	۵۰/۰ns	۲۹۴۲/۶*	۲۷۰۶۹۸/۸**	۱۶/۰ ns	۵۹۳۷۵۷۲۷**	۱۲۵۴۰/۵*
خطای کرت اصلی	۲	۵/۸	۵۴/۸	۴۶۹/۲	۱/۰	۱۳۸۵/۶	۱۶۰/۴
آبیاری	۳	۲۰/۲**	۶۷/۱ **	۹۸۱۰/ ۰**	۷/۰ ns	۳۵۸۲۳۲۰۰**	۴۶۱۵/۸**
آبیاری× روش کشت	۳	۰/۶ ns	۱/۴ ns	۳۰۷۳/۲ **	۳۲/۴**	۷۵۰۶۷۷/۸**	۸۰۳/۶ **
خطای کرت فرعی	۱۲	۱/۲ ns	۶/۳	۳۰۷/۴	۲/۹	۰	۳۷/۶
نیتروژن	۳	۳۱/۵**	۱۸۲/۸**	۲۵۰۴۳/۱**	۳۲/۹ **	۰	۳۳۱۹/۸**
نیتروژن× روش کشت	۳	۲/۳ ns	۲/۱ ns	۵۷۹۷/۰ **	۳۶/۸**	۰	۱۴۰/۰ **
نیتروژن ×آبیاری	۹	۳/۸ *	۵/۱ ns	۷۹۴/۸ *	۲۵/۵**	۰	۱۲۳/۸ **
نیتروژن×روش ×آبیاری	۹	۱/۵ ns	۱۰/۹ ns	۱۱۱۷/۵ **	۱۸/۵ **	۰	۵۷/ ۶*
خطای کرت فرعی‌فرعی	۴۸	۱/۸	۱۱/۲	۳۲۴/۷	۴/۲	۵۰۴/۱	۲۵/۱
CV%		۸/۶	۳/۳	۷/۴	۴/۳	۰/۴	۵/۴۸

*و ** اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد ns : عدم معنی‌دار بودن اختلاف



شکل ۱- تاثیر روش کشت بر آب مصرفی، بهره‌وری آب و عملکرد

اعمال روش کشت با توجه به تجزیه واریانس (جدول ۳)، در صفات اندازه‌گیری شده مانند طول خوشه، تعداد دانه پر و زیست‌توده، اختلاف آماری معنی‌داری را در سطح یک درصد و در صفت ارتفاع بوته در سطح پنج درصد نشان دادند. در گیاهان زراعی، عملکرد دانه توسط نسبت‌های مختلفی از اجزای عملکرد تعیین می‌شود. تاثیر اجزای عملکرد، در کل عملکرد گیاه برنج، روشی برای تعیین عوامل محدود کننده عملکرد و یافتن راه‌های افزایش آن می‌باشد (اصفهانی، ۱۳۷۷). روش کشت هوازی، بدون کاهش معنی‌دار عملکرد سبب صرفه‌جویی آب مصرفی و افزایش بهره‌وری به ترتیب به میزان ۲۷/۹۵ درصد و ۲۹/۱۱ درصد شده است (شکل ۱). استفاده از آب مازاد ناشی از صرفه‌جویی در مصرف آب برای کنترل خسارات ناشی از تنش خشکی و یا افزایش سطح زیر کشت دارای اهمیت است. بر اساس تجزیه واریانس صفات (جدول ۳)، اعمال تیمار سطوح مختلف آب آبیاری بر صفت میزان عملکرد دانه در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار است، براساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) چهار تیمار آبیاری در دو گروه متفاوت قرار گرفتند.

جدول ۴ - نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در روش‌های مختلف کشت

تیمار		صفات					
		عملکرد (kg/h)	هزاردانه (gr)	طول خوشه (cm)	دانه پر تعداد	دانه‌پوک تعداد	باروری (%)
M1	پادل شده	۵۵۴۰/۳ a	۲۴/۲۲a	۲۷/۹۶a	۱۳۲/۴ a	۲۹/۴۷ a	۸۱/۹۵ a
M2	پادل نشده	۵۰۱۷/۹ a	۲۳/۷۱a	۲۶/۱b	۱۱۴/۲ b	۲۹/۴۳ a	۷۹/۴۳ a

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می باشند.

ادامه جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در روش‌های مختلف کشت

تیمار		صفات					
		پنجه تعداد	ارتفاع‌بوته (cm)	زیست توده (gr)	شاخص بر داشت (%)	آب‌مصرفی (m^3/h)	بهره‌وری‌آب (kg/m^3)
M1	پادل شده	۱۶/۲ a	۱۰۷/۲a	۲۹۳/۸ a	۴۸/۱ a	۷۰۷۳/۳a	۰/۷۹b
M2	پادل نشده	۱۴/۸ a	۹۶/۲ a	۱۸۷/۶b	۴۷/۳ a	۵۰۹۶/۳b	۱/۰۲a

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می باشند.

تاثیر رژیمهای آبیاری بر صفات اندازه‌گیری

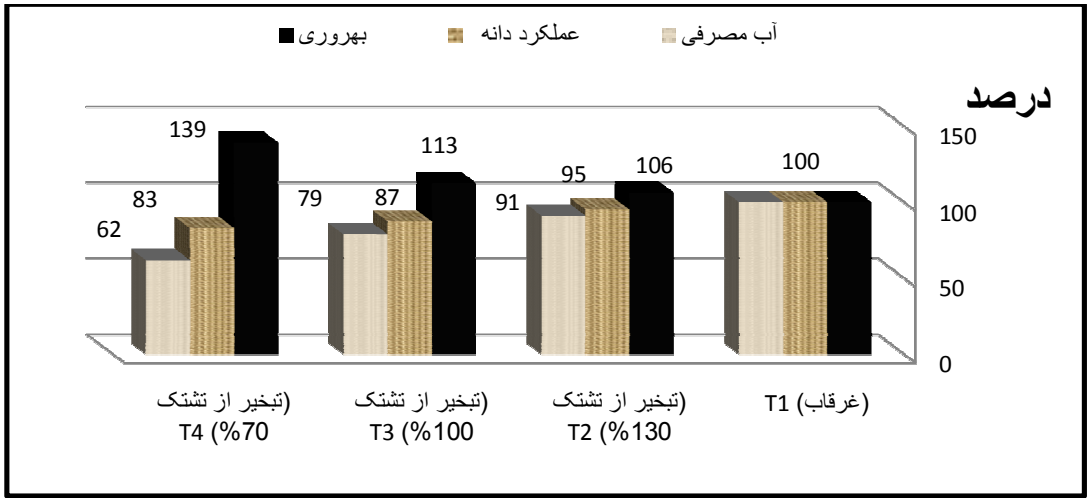
یعنی تیمار T1 (غرقاب کامل) با عملکرد معادل ۵۷۸۹/٦kg/h بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داده و به همراه تیمار T2 در گروه a و تیمار T4 (۷۰٪تبخیر از تشتک کلاس A) با عملکردی معادل ٤٨٠٣/٦ kg/h کمترین عملکرد را داشته و به همراه تیمار T3 در گروه بعدی یعنی b قرار گرفتند. بعبارت دیگر در این آزمایش اعمال تیمارهای T3 و T4 ایجاد تنش آبی نموده، که نقش موثری بر میزان عملکرد دانه داشته است. همچنین با افزایش شدت این تنش میزان کاهش عملکرد، بیشتر شده است. زونبر و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند، تنش آبی اعمال شده به گیاه، موجب جلوگیری از انتقال مواد غذایی و املاح و در نتیجه کاهش فتوسنتز می‌شود. سایر محققین از جمله فارود و همکاران (۲۰۰۹)، بومن و همکاران (۲۰۰۷) و اسدی و همکاران (۱۳۹۲)، تاثیر منفی تنش آبی را بر عملکرد، تایید می‌کنند. در این تحقیق با وجود اختلاف معنی‌دار (در سطح یک درصد) در حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبی، تفاوت آب قابل جذب برای ریشه گیاه در بعضی از تیمارها به‌قدری کم بوده که موجب تغییرات تنش نشده و در نتیجه کاهش عملکرد در تیمار T2 نسبت به تیمار T1 و همچنین تیمار T4 نسبت به تیمار T3 در سطح یک‌درصد معنی‌دار نیست. یعنی کاهش حجم آب آبیاری از T1 به T2 و همچنین از T3 به T4 با اطمینان ۹۹ درصد منجر به کاهش عملکرد نشده است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) و مقایسه میانگین صفات (جدول ۵) ،صفت بهره‌وری آب ناشی از اعمال تیمارهای آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و حداکثر بهره‌وری مربوط به تیمار T4 است، که نسبت به تیمار غرقاب کامل ۳۹/۲٤٪ رشد داشته است (شکل ۲). بلدر و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند گیاه برنج در منطقه رشد ریشه، نسبت به کمبود جزیی آب ناشی از آبیاری تناوبی (مکش ۱۰ تا ۳۰ کیلو پاسکال) مقاوم می‌باشد.

ماراجاسم و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند، آبیاری تناوبی (تناوب خیس و خشک کردن) و آبیاری غرقابی در روش‌های مختلف کشت برنج، با یکدیگر از نظر خصوصیات رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج یکنواخت بودند و بالاترین بهره‌روی آب، مربوط به آبیاری تناوبی بوده است.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف آبی

صفات		تیمارهای آبیاری			
		T1 غرقاب کامل	T2 ۱۳۰٪ تبخیر از تشتک	T3 ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک	T4 ۷۰ ٪ تبخیر از تشتک
عملکرد	(kg/h)	۵۷۸۹/۶ a	۵۵۰۴/۴ a	۵۰۴۹/۹ b	۴۸۰۳/۶ b
وزن هزار دانه	(gr)	۲۴/۳۸ a	۲۴/۳۲ a	۲۳/۷۹ ba	۲۳/۴۰ b
طول خوشه	(cm)	۲۷/ ۵۰ a	۲۶/۹۹ ab	۲۶/۸۴ b	۲۶/ ۷۹ b
تعداد دانه پر	تعداد	۱۳۰/۳۹ a	۱۲۷/۲۹ a	۱۱۸/۱۲ b	۱۱۷/۶۰ b
تعداد دانه پوک	تعداد	۲۷/۸۹ a	۲۹/۲۴ a	۲۸/۶۸ a	۳۲/۰۲ a
باروری	(%)	۸۲/ ۶۷ a	۸۱/۴۸ a	۸۰/۰۸ ab	۷۸/۵۳ b
ارتفاع بوته	(cm)	۱۰۳/۹۵ a	۱۰۱/۶۱ b	۱۰۱/۲۵ b	۹۹/۹۳ b
تعداد پنجه	تعداد	۱۶/۵۴ a	۱۵/۸۶ ba	۱۵/۰۹ cb	۱۴/۴۳ c
زیست توده	(gr)	۲۵۸/۷۵ a	۲۵۴/۳۹ a	۲۳۵/۰۴ b	۲۱۴/۶۰ c
شاخص برداشت	(%)	۴۷/۲۲ a	۴۷/۳۴ a	۴۸/۰۸ a	۴۸/۳۲ a
آب مصرفی	(m^3/h)	۷۳۲۵/۰ a	۶۶۷۱/۵۰ b	۵۷۸۲/۲۵c	۴۵۲۷/۵۰d
بهره‌وری‌آب	(kg/m^3)	۰/۷۹ c	۰/۸۴ bc	۰/۸۹ b	۱/۱۰ a

حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج ویک درصد آزمون دانکن می‌باشند.



شکل ۲- تاثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد، آب مصرفی و بهره‌وری آب

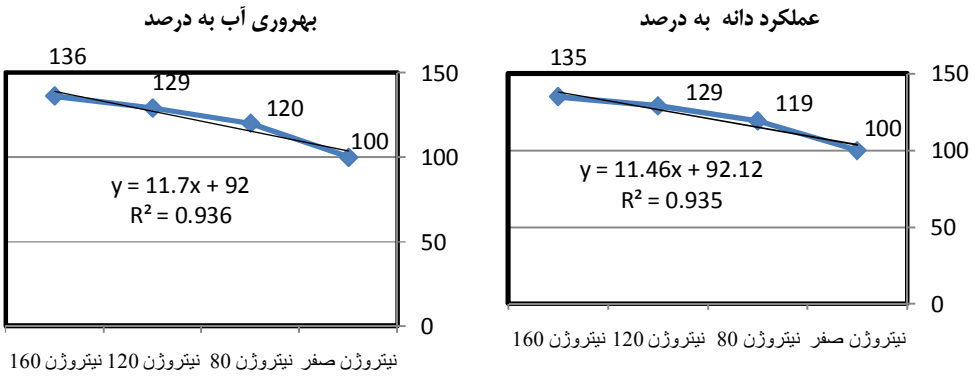
این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات سایر محققین نظیر، بومن و همکاران (۲۰۰۵) و رضایی و همکاران (۱۳۸۹) منطبق می‌باشد. در این پژوهش با توجه به تجزیه واریانس (جدول ۳)، اعمال تیمارهای مختلف آبی در مقایسه با آبیاری غرقابی علاوه بر عملکرد بر اجزای عملکرد شامل وزن هزاردانه، طول خوشه، تعداد دانه‌پر، درصد باروری و همچنین ارتفاع بوته، تعداد پنجه و زیست‌توده موثر بوده و موجب کاهش این صفات و اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد شده است. گلدوست و خورشیدی (۱۳۹۲) و اسدی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند، اثر خشکی محدود به عملکرد نبوده بلکه باعث کاهش طول خوشه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد خوشه، تعداد دانه‌پر در خوشه، وزن هزاردانه، تجمع ماده خشک و عملکرد در برنج می‌شود.

در این مطالعه به ترتیب از تیمار T1 به T4 مقدار آب مصرفی کم و با توجه به شدت کاهش آب مصرفی تنشهای مختلف آبی ملایم در ریشه گیاه برنج ایجاد شده و در نتیجه صفات مرتبط با عملکرد را تحت تاثیر قرار داده و موجب کاهش آن شده است. اما چون شدت کاهش عملکرد از شدت کاهش آب مصرفی کمتر می-باشد، سبب افزایش بهره‌وری شده است.

تیمار T4 بالاترین مقدار بهره‌وری و بیشترین صرفه‌جویی در مصرف آب را به خود اختصاص داد. این تیمار سبب کاهش عملکرد به مقدار ۱۷٪ نسبت به تیمار غرقابی (شاهد) شد (شکل ۲). اما تیمار T2 با توجه به عدم معنی‌دار شدن اختلاف عملکرد، موجب افزایش بهره‌وری و صرفه جویی در مصرف آب نسبت به تیمار T1 به ترتیب به مقدار ٦/٣٣ ٪ و ٨/٩ ٪ شد (شکل ۲). بدین ترتیب می‌توان بیان نمود که تیمار T2 گزینه مناسبی در این پژوهش می‌باشد.

تاثیر کود نیتروژن روی صفات اندازه‌گیری شده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اعمال سطوح مختلف کود نیتروژن بر صفت میزان عملکرد دانه در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌داری است و با توجه به مقایسه میانگین صفات (جدول٦)، تیمار N4 (مصرف نیتروژن خالص به مقدار ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار) با عملکردی معادل ۵۸۹۹/۳۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد و تیمار N1 (بدون مصرف نیتروژن) با عملکردی معادل ٤٣٧٠/٣٥ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد را به خود اختصاص داد. نیتروژن عنصری ضروری برای ساخت اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، نکلئوتیدها و کلروفیل است. نیتروژن به رشد سریع گیاه (افزایش ارتفاع و تعداد پنجه گیاه) و افزایش اندازه برگ، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه‌های پر در هر خوشه و مقدار پروتئین دانه کمک می‌کند. بنابراین نیتروژن تمام مشخصه‌های موثر بر عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد (دوبرمن و همکاران، ۲۰۰۵). بلدر و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند، در شرایط بدون مصرف نیتروژن میزان عملکرد دانه برنج در دامنه ٤/١ تا ٥ تن در هکتار قرار گرفت و در شرایط مصرف نیتروژن به مقدار۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، مقدار عملکرد دانه برنج از ٦/٨ تا ٩/٢ تن در هکتار بدست آمد.



الف ب

شکل ۳- تاثیر تیمارهای کود نیتروژن بر عملکرد (الف) و بهره‌وری آب (ب)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اعمال تیمار سطوح مختلف کود نیتروژن بر صفت بهره‌وری آب موثر و در سطح یک درصد، دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۳). در این میان با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ٦)، تیمار N4 با بهره‌وری معادل ۱/۰۲ (کیلوگرم دانه برنج به مترمکعب آب مصرفی) بیشترین بهره‌وری و تیمار N1 با بهره‌وری معادل ۰/۷۵ (کیلوگرم دانه برنج به متر مکعب آب مصرفی) کمترین مقدار بهره‌وری را به خود اختصاص داد.

جدول ۶ - نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف کود نیتروژن

صفات		تیمارهای کود به (Kg/h)			
		N1 نیتروژن صفر	N2 نیتروژن ۸۰	N3 نیتروژن۱۲۰	N4 نیتروژن۱۶۰
عملکرد	(kg/h)	۴۳۷۰/۳۵ d	۵۲۱۰/۶۲ c	۵۶۳۶/۱۱ b	۵۸۹۹/۳۳ a
وزن هزاردانه	(gr)	۲۳/۷۴ a	۲۴/۰۶ a	۲۴/۲۸ a	۲۳/۸۰ a
طول خوشه	(cm)	۲۵/۷۴ c	۲۷/۰۴ b	۲۷/۵۹ ba	۲۷/ ۷۵ a
تعداد دانه‌پر	تعداد	۱۱۳/۱۲ b	۱۲۵/۲۸ a	۱۲۸/۷۵ a	۱۲۶/۱۹ a
تعداد دانه‌پوک	تعداد	۲۶/۶۱ b	۲۹/۴۲ a b	۳۱/۹۵ a	۲۹/۷۸ a b
باروری	(%)	۸۰/۹۱ a	۸۰/۹۶ a	۸۰/ ۰۹ a	۸۰/ ۸۰ a
ارتفاع بوته	(cm)	۹۷/۹۷ c	۱۰۱/۷۱ b	۱۰۲/۴۸ ab	۱۰۴/۵۹ a
تعداد پنجه	تعداد	۱۴/۱۵ c	۱۵/۱۱ cb	۱۵/۸۱ b	۱۶/۸۶ a
زیست‌توده	(gr)	۲۰۲/۱۴ d	۲۳۱/۹۰ c	۲۴۹/۴۴ b	۲۷۹/۳۰ a
شاخص‌برداشت	(%)	۴۸/۴۳ a	۴۸/ ۸۳ a	۴۷/۵۰ ba	۴۶/۱۹ b
بهره‌وری آب	(kg/m^3)	۰/۷۵ d	۰/۹۰ c	۰/۹۷ b	۱/۰۲ a

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد آزمون دانکن می‌باشند.

همچنین افزایش عملکرد و بهره‌وری ناشی از اعمال تیمار N4 نسبت به تیمار N1 (شاهد) به ترتیب معادل ۳٤/۹۹ و ۳٦ درصد است و با افزایش کود مصرفی میزان عملکرد و بهروری به صورت معادله خطی به ترتیب با ضریب رگرسیون ۰/۹۳۵ و ۰/۹۳٦ افزایش یافتند. (شکل۳). در این آزمایش کاربرد مقادیر مختلف کود نیتروژن، علاوه بر تاثیر روی عملکرد و بهره‌وری آب، بر سایر صفات مربوط به عملکرد موثر بوده و افزایش مصرف کود نیتروژن ، از N1 به N4 موجب افزایش تعداد دانه‌پر، طول خوشه، زیست‌توده، ارتفاع بوته، تعداد پنجه و همچنین موجب کاهش شاخص برداشت شده است (جدول ٦). این تغییر مقادیر صفات، موجب اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد شده است (جدول ۳). تقی-زاده و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند با افزایش مقدار کود نیتروژن، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، زیست‌توده، تعداد کل پنجه‌ها، درصد باروری پنجه‌ها، تعداد خوشه در واحد سطح و تعداد دانه پر افزایش معنی‌داری می‌یابند. در این تحقیق وزن هزاردانه و درصد باروری از نظر آماری معنی-دار نبوده است. بلدر و همکاران (۲۰۰٦)گزارش کردند که وزن هزاردانه یک صفت ژنتیکی بوده و از اجزای مهم عملکرد در برنج و از پایدارترین خصوصیات ارقام به شمار می‌رود. در این پژوهش به نظر می‌رسد افزایش مصرف نیتروژن، با تاثیرگذاری مثبت در توان فتوسنتزی و تامین مواد فتوسنتزی گیاه، موجب افزایش صفات مرتبط با عملکرد و در نتیجه افزایش عملکرد و در نهایت موجب افزایش بهره‌وری شده است. این نتیجه با مطالعات برخی محققین نظیر شارما و همکاران، (۲۰۰۷) و موسوی و همکاران (۱۳۹٤) مطابقت دارد.

اثرات متقابل

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثرات متقابل روش کشت، آبیاری و سطوح نیتروژن مصرفی بر عملکرد معنی‌دار نشد، اما اثر متقابل روش آبیاری در کود نیتروژن، بر صفات عملکرد، بهره‌وری، تعداد دانه پر، زیست‌توده، تعداد پنجه در بوته و شاخص برداشت معنی‌دار شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۷) بیشترین عملکرد مربوط به تیمار آبیاری T1N4 می‌باشد که با تیمارهای T2N3، T2N4 و T1N3 در یک کلاس قرار دارند.

همچنین حداکثر بهره‌وری مربوط به تیمار T4N4 بوده که به ترتیب با تیمارهای T4N2، T4N3 ، T3N4 و T3N3 در یک کلاس قرار گرفتند و کمترین بهره‌وری مربوط به تیمار T1N1 می‌باشد. همچنین حداکثر مقادیر، تعداد دانه‌پر، زیست‌توده و تعداد پنجه در بوته، در تیمار آبیاری T2 و تیمار نیتروژن مصرفی N3 و N4 اتفاق افتاد

که برآیند آن، افزایش عملکرد در تیمارهای T2N3 ، T2N4 شده است.

بنابرین گزینه مطلوب تیمار T2N3 است، زیرا از یک سو با تیمارهایی که موجب حداکثر عملکرد شدند اختلاف معنی‌دار ندارد و از سوی دیگر این تیمار موجب صرفه‌جویی در آب و کود نیتروژن مصرفی به ترتیب به مقدار ۸/۹ و ۳۳ درصد شد. بهره‌وری آب در این تیمار معادل ۰/۹۳ کیلوگرم دانه برنج به متر مکعب آب مصرفی بود که نسبت به بهره‌وری تیمار شاهد معادل۹/٤١ درصد افزایش نشان داد.

نتیجه گیری

روش نوین‌کشت (کشت هوازی) یعنی انجام نشاکاری بدون عملیات گل‌خرابی، با کاهش غیرمعنی‌دار در عملکرد، موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری نسبت به کشت سنتی شد. همچنین در این روش کشت، عملیات گل‌خرابی که یکی از عملیات سخت در کشت برنج می‌باشد حذف شد. بنابراین انتظار می‌رود یک گزینه مناسب برای مقابله با کم آبی‌های سالهای اخیر باشد. با توجه به هدف اصلی این پژوهش، اعمال آب مصرفی برابر ۱۳۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و مصرف۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده بهینه از کود نیتروژن، بدون کاهش عملکرد می‌شود

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل روشهای آبیاری و سطوح کود نیتروژن بر عملکرد و بهره‌وری آب

تیمار	صفات					
	عملکرد (kg/h)	بهره‌وری (Kg/m^3)	دانه پر تعداد	زیست توده (gr)	پنجه در بوته تعداد	
T1N1	۵۱۹۲ ef	۰/۷۱ d	۱۲۳/ ۴ cde	۲۰۷/۶ hi	۱۴/۹ cdef	
T1N2	۵۶۱۳ bcd	۰/۷۷ cd	۱۲۶/۷ bcd	۲۵۱/۳ cde	۱۵/۹ bcde	
T1N3	۵۹۹۰ ab	۰/۸۲ cd	۱۳۱/۸ abc	۲۶۳/۶ cd	۱۶/۲ bcd	
T1N4	۶۲۳۸ a	۰/۸۵ bcd	۱۳۷/۰ ab	۳۱۲/۵ a	۱۹/۲ a	
T2N1	۴۲۳۲ h	۰/۶۵ d	۱۰۷/۲ g	۲۰۴/۰ hi	۱۴/۱ ef	
T2N2	۵۵۸۶ cde	۰/۸۶ bcd	۱۳۴/۵ ab	۲۴۸/۲ cde	۱۵/۱ cde	
T2N3	۶۱۷۵ a	۰/۹۴ bcd	۱۳۹/۴ a	۲۷۵/۳ bc	۱۶/۶ bc	
T2N4	۶۰۲۳ a	۰/۹۳ bcd	۱۲۷/۹ bcd	۲۹۰/۰ ab	۱۷/۶ ab	
T3N1	۳۹۵۷ h	۰/۷۰ d	۱۰۹/۹ g	۲۱۲/۱ gh	۱۴/۴ def	
T3N2	۴۹۹۹ fg	۰/۸۹ bcd	۱۲۰/۷ def	۲۲۲/۰ fgh	۱۵/۴ cde	
T3N3	۵۳۹۸ de	۰/۸۹ abcd	۱۲۱/۷ de	۲۳۶/۳ efg	۱۵/۳ cde	
T3N4	۵۸۴۴ abc	۱/۰۴ abc	۱۲۰/۰ def	۲۶۹/۷ bcd	۱۵/۳ cde	
T4N1	۴۰۹۹ h	۰/۹۴ bcd	۱۱/۸ fg	۱۸۴/۸ i	۱۳/۱ f	
T4N2	۴۶۴۲ g	۱/۰۷ abc	۱۱۶/۶ efg	۲۰۶/۰ hi	۱۴/۰ ef	
T4N3	۴۹۸۰ fg	۱/۱۶ ab	۱۲۱/۸ de	۲۲۲/۷ fgh	۱۵/۲ cde	
T4N4	۵۴۹۱ cde	۱/۲۶ a	۱۱۹/۸ def	۲۴۴/۹ def	۱۵/۴ cde	

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال یک درصد آزمون دانکن می باشند

فهرست منابع

۱. اسدی، ر .، م . نصیری .، م، محمدیان .، م. ۱۳۹۲. بررسی تنش خشکی ارقام هوازی در کشت مستقیم به روش خشکه‌کاری و مقایسه آن با روش کشت نشایی. گزارش نهایی پروژه . موسسه تحقیقات برنج کشور.

۲. اسدی، رضا. ۱۳۹۲. مقایسه تأثیر آبیاری دوره‌ای و آبیاری غرقابی بر عملکرد دو رقم برنج شیرودی و طارم. گزارش نهایی . موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران.

۳. اسدی،ر. ۱۳۸۸. تعیین آب مصرفی برنج لاین ۷۳۲۸ (رقم فجر) با روش لایسیمتری و کرت‌های کنترل شده و مقایسه آن با مدلهای تجربی در مازندران. گزارش نهایی پروژه. موسسه تحقیقات برنج کشور.

٤. اصفهانی، م .۱۳۷۷ . مقدمه‌ای بر اکولوژی و فیزیولوژی برنج. انتشارات دانشگاه گیلان.

۵. تقی‌زاده، م.، م، اصفهانی.، ن، دواتگر .، و ح، مدنی. ۱۳۸۷ . تاثیر دور آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم. یافته‌های نوین کشاورزی، سال دوم، شماره ٤ .

٦. رضایی، م .، م، ک، معتمد .، ع، یوسفی.، و ا، امیری .۱۳۸۹. تغییرات مصرف آب در مدیریت‌های مختلف آبیاری و تاثیرآن برمیزان عملکرد ارقام مختلف برنج. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد۲٤شماره۳ مرداد و شهریور ۸۹ ص ۵۷۷ – ۵٦۹ .

۷. رضایی،م .، و ر، اسدی. ۱۳۹۲. اثر بکارگیری آب شور در شرایط تنش خشکی بر عملکرد برنج. گزارش نهایی پروژه . موسسه تحقیقات برنج کشور.

۸. گلدوست خورشیدی، م .، ع، دانشمند.، ص، مرادپور.، و ا، باقری جامخانه. ۱۳۹۲. اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد و مقادیر نیتروژن مصرفی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج رقم طارم هاشمی. فصلنامه علمی، پژوهشی گیاه و زیست بوم سال ۹، شماره ۳٤.

۹. مصطفوی‌راد، م.، و ز، طهماسبی . ۱۳۸۲ . ارزیابی اثرات کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد ماده خشک در سه ژنوتیپ برنج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. سال دهم، شماره دوم، صفحات۲۱-۳۱.

۱۰. موسوی، س، غ.، ا، ل، محمدی.، ر، برادران.، م، ج، ثقه‌الاسلامی.، و ا، امیری. تاثیر مقادیر کود و نیتروژن بر صفات مورفولوژیکی عملکرد و اجزای عملکرد در سه رقم برنج. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۱۳ ، شماره ۱، بهار ۱۳۹٤، ص ۱۵۲ – ۱٤٦.

11. Balasubramanian, V., J. K. Ladha., R. Gupta., R. K. Naresh., R. K. Mehla ., B. Singh., and Y. Singh. 2003. Technology options for rice in the rice-wheat system in South Asia. In: J. K. Ladha., J. E. Hill., J. M. Duxbury ., R. K. Gupta., and R. J. Buresh. editors. Improving the productivity and sustainability of rice-wheat systems: issues and impacts. ASA Special Publication 65, ASA Inc., CSSA Inc., SSSA Inc., Madison, Wis., USA. p 115-147.

12. Belder, P., B. A. M. Bouman., J. H. J. Spiertz., and Lu. Guoan. 2006. Exploring options for water saving in lowland rice using a modeling approach. ScienceDirect. Agricultural Systems. Volume 92, Issues 1–3, Pages 91–114.

13. Belder, P., J. H. J. Spiertz., B. A. M. Bouman., G. Lu., and T. P.Tuong. 2005. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. Field Crops Research .93 :169– 185.

14. Bouman, B. A. M., R. M. Lampayan., and T. P.Tuong. 2007. Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity. International Rice Research Institute (IRRI) Los Banos (Philippines).54p.

15. Bouman, B .A .M., S. Peng., A. R. Castan., and R .M.Visperas. 2005. Agricultural Water Management. 74 : 87–105.

16. Choudhury, B.U. 2007. Yield and water productivity of rice–wheat on raised beds at New Delhi, Ind. India. Field Crops Research 100 (2007) 229–239.

17. Cabangon, R.J., and N.B. Abdullah . 2002. Comparing water input and water productivity of transplanted and direct-seeded rice production systems . Agricultural Water Management 57 ,11–31.
18. Dobermann, A., and T, Firhorst. Rice (Nutrient disorders & Nutrient Management).(Translators) Mirniya, KH., and m, Mohamaniyan. 2005. Rice (Nutrient disorders & Nutrient Management). Mazandaran University. Babolsar .436 p .
19. Farooq, M., A. Wahid., N. Kobayashi., D. Fujita.,and S.M.A, Basra. 2009 . Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev. Volume 29, Number 1, 85 - 212.
20. Kato, Y., M. Okami., and K. Katsura.2009. Yield potential and water use efficiency of aerobic rice (Oryza sativa L) in Japan . ScienceDirect. Field Crops Research. NO 113, p: 328–334.
21. Misner, C.A., M.r. Amin., J.M. Duxbury., J .G. Lauren., M. Badaruddin., and M, Ahmad. 2002. Nitrogen and irrigation management for direct seeded rice on light soils in a rice –wheat cropping system. symposium. No 50. Paper. 780 .Thailand. 14-21 august, 2002.
22. Singh, S., J.K. Ladha., R.K. Gupta., L.a.v. Bhushan., and A.N. Rao. 2007. Weed management in aerobic rice systems under varying establishment methods. Elsevier. Crop Protection. No 27 .P: 660–671.
23. Sharma R.P., K. PathakS., C. SinghR. 2007. Effect of nitrogen and weed anagement in direct-seeded rice (Oryza sativa) under upland conditions Indian Journal of Agronomy. Volume : 52, Issue : 2.
24. Pampolino, M .F., I. J. Manguiat., S. Ramanathan., H. C. Gines., P. S. Tan., T. T. N. Chi., Rajendran, R., and R.J, Buresh. 2007. Environmental impact and economic benefits of sitespecific nutrient management in irrigated rice systems Agricultural Systems. 93:1-24.
25. Toung, T.P., and B.A.M. Bouman. 1998. Rice Production in Water-scarce Environments July 1998. IRRI, Los Banos, Philippines. 67p.
26. Wopereis, M. C. S., C. Donovan., B. Nebie., D. Guindo., and M. K. N.Diaye. 1999. Soil fertility management in irrigated rice systems in the Sahel and Savanna regions of West Africa Part I. Agronomic analysis. Field Crops Res. 61 (1999) 125-145.
27. Zubaer, M.A., A.K.M.M.B. Chowdhury., M.Z. Ialam., T.Amad., and M.A. Hasan. 2007. Effects of water stress on growth and yield attributes of aman rice genotypes. Int.J.Sustain.Crop prod. 2 (6): 25-30.