بررسی اثر سیستم نوین مدیریت کشت (SRI) بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در مزارع برنج

یاسر قربانیان آستانه[1*]، ابراهیم امیری[2]، تیمور رضوی‌پور[3] و مجتبی رضایی[3]

چکیده

به منظور بررسی بهره‌وری آب در سیستم‌های مختلف کشت و مقایسه آن با سیستم نوین مدیریت کشت برنج، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۰ در موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) انجام شد. تیمارها شامل: روش کشت سنتی، روش کشت بهبود یافته و سیستم‌های مختلف کشت به روش سیستم نوین مدیریت کشت در قالب هشت تیمار مختلف کودی بودند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه، بیوماس کل، شاخص برداشت، تعداد پنجه در متر مربع، بهره‌وری مبتنی بر بیوماس و بهره‌وری آب در سیستم نوین مدیریت کشت به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش‌های سنتی و بهبود یافته بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و بهره‌وری آب (به ترتیب ۳۱۲۲ کیلوگرم در هکتار و ۱/۵۶ متر مکعب) از تیمار کود بازیافت زباله شهری + ۵۰٪ کود شیمیایی همراه با کاهش ۵۰ درصدی در مصرف کود شیمیایی بدست آمد که به عنوان مدیریت مناسب پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، بهره‌وری آب، بیوماس، شاخص برداشت.

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۹

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، * نویسنده مسئول: ghorbanian_64@yahoo.com

۲- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.

۳- اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران.

مقدمه

برنج یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که از نظر وسعت پس از گندم، بیشترین سطح زیر کشت اراضی کشاورزی جهان را به خود اختصاص داده است. این محصول نقش چشمگیری در تغذیه جمعیت جهان و ایران داشته و تولید هر چه بیشتر آن برای تامین نیازهای غذایی این جمعیت رو به رشد، ضرورت دارد (Malakouti and Kavousi, 2004).

کمبود منابع آبی و پایین بودن راندمان مصرف آب آبیاری در مزارع برنج، لزوم استفاده‌ی بهینه و افزایش بهره‌وری از منابع موجود را می‌طلبد. حفظ و ذخیره سازی آب، یکی از اهداف اولیه محققین در کشت برنج است (Barker *et al.*, 2000). حفظ رطوبت خاک در حدود اشباع با برقراری رژیم‌های آبیاری متناوب قابل حصول است (Bouman and Tuong, 2001). سیستم‌های آبیاری تناوبی، تلفات آب از طریق نفوذهای عرضی (تراوش) و عمقی و مقدار تبخیر سطحی را کاهش داده و بهره‌وری مصرف آب را افزایش می‌دهند (Liang *et al.*, 2000).

امروزه استفاده از کمپوست همراه با کودهای شیمیایی به عنوان یک ضرورت در کشاورزی پایدار شناخته شده است، زیرا می‌تواند مسائلی را که باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شوند، و هم‌چنین کمبود بسیاری از عناصر ضروری و مورد نیاز گیاه مثل روی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم را در خاک تا حد زیادی برطرف کنند (Alam, 2004). کمپوست باعث فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در خاک شده و مواد مغذی غیر قابل دسترس را به مواد دسترس در محلول خاک تبدیل می‌کند (Thies and Grossman, 2006). کمپوست نسبت به مواد آلی خام و پوسیده نشده و کودهای شیمیایی برتری زیادی دارد، زیرا مواد موجود در کمپوست به تدریج در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و در طولانی مدت می‌تواند ذخیره لازم برای در اختیار گذاشتن گیاه را در خود حفظ نماید. آزولا از نظر تولید بیوماس، تثبیت نیتروژن و چرخه مواد غذایی کارایی بالایی داشته و از نظر اکولوژیک، یک کود طبیعی مناسب می‌باشد (Pabby *et al.*, 2003).

کود تهیه شده از بازیافت زباله‌های شهری نیز ماده‌ای ارزشمند برای تقویت خواص باروری و بهبود کیفیت خاک‌های ضعیف و هم‌چنین جلوگیری از کاهش رطوبت خاک محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از کمپوست شهری به دلیل ارزان بودن، رواج یافته است. کمپوست شهری حاوی مقادیر زیادی عناصر پر مصرف و کم مصرف هستند که پس از افزایش به خاک می‌توانند رشد و عملکرد گیاه را افزایش دهند. با توجه به افزایش جمعیت و تولید هر چه بیشتر مواد زاید آلی و به‌دنبال آن افزایش تقاضای محصولات کشاورزی، مصرف کودهای آلی مورد توجه قرار گرفته است (Eghball *et al.*, 2004). مصرف کودهای کمپوست بر عملکرد تعداد زیادی از محصولات کشاورزی مؤثر بوده است. مهم‌ترین ویژگی کودهای کمپوست ارزش غذایی آن‌هاست، ولی با عرضه این کودها علاوه بر جنبه‌های غذایی، ارتقای شرایط فیزیکی و میکروبی خاک نیز تأمین می‌گردد. استفاده از کمپوست هم‌چنین از مصرف کودهای شیمیایی کاسته و در نهایت، دستیابی به کشاورزی پایدار را هموار می‌کند (Robin *et al.*, 2001).

سیستم نوین مدیریت کشت برنج[1]، یکی از روش‌های مدیریت مزرعه می‌باشد که ضمن کاهش مصرف نهاده‌هایی هم‌چون مقدار بذر، آب آبیاری، کودها و سموم شیمیایی، باعث افزایش عملکرد در واحد سطح می‌شود. هم‌چنین، به دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب، امکان بهره‌برداری از مزارعی که به دلیل کمبود آب بدون کشت مانده‌اند، فراهم می‌گردد. اجزای اصلی تشکیل دهنده این سیستم عبارتند از:

۱- انتقال نشاهای جوان (۲ تا ۳ برگی) از خزانه به مزرعه (Stoop *et al.*, 2002)

۲- کاشت نشاء به‌صورت تک بوته با الگوی مربعی شکل به فواصل ۲۵ و حداکثر ۳۳ سانتی‌متر

۳- وجین مکرر علف‌های هرز به فاصله هر ۱۰ تا ١٤ روز یک‌بار (Vijayakumar *et al.*, 2006)

٤- برقراری دوره‌های آبیاری و خشکی متناوب طی مرحله رویشی بوته‌ها

٥- استفاده از کودهای آلی و جایگزین نمودن آن‌ها با کودهای شیمیایی (Satyanarayana *et al.*, 2006)

این روش طی سال‌های اخیر در بسیاری از کشورهای دنیا استفاده شد و در ایران نیز از حدود چهار سال پیش مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش به منظور بررسی امکان کاهش مصرف نهاده‌های کشاورزی هم‌چون آب، بذر، نشاء، کود و سموم شیمیایی، اثر سیستم نوین مدیریت کشت

[1] System of rice intensification

برنج بر روی عملکرد دانه و بهره‌وری آب برنج با روش‌های متداول مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با ۱۰ تیمار در سال زراعی ۱۳۹۰ در موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) انجام گرفت و از رقم بومی و رایج منطقه (هاشمی) استفاده شد. تیمارها، سیستم‌های مختلف کشت بودند که عبارتند از: سیستم کشت سنتی، سیستم کشت بهبود یافته و سیستم نوین مدیریت کشت.

سیستم کشت سنتی همان روش معمول کشت در شرایط زارع می‌باشد. سیستم کشت بهبود یافته بر اساس توصیه‌های فنی کشت ارقام مختلف برنج توسط موسسه تحقیقات برنج می‌باشد که در این روش استفاده از نشاهای سنتی نیمه‌بالغ ۲۵ روزه، نشاکاری ٤ نشا در کپه با فاصله ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر و در مجموع ۲۵۰ هزار نشاء در هکتار غرقاب دایم شالیزار و اجرای یک مرتبه زه‌کشی میان فصل انجام می‌شود، به طوری‌که بعد از نشاکاری حالت غرقابی ایجاد و حفظ می‌گردد و فقط در زمان حداکثر تعداد پنجه، اقدام به زه‌کشی و خروج کامل آب سطح کرت نموده تا ترک‌های موتی در سطح کرت مشاهده گردد و سپس آبیاری غرقابی انجام شده به طوری که تا دو هفته قبل از برداشت مزرعه به حالت غرقاب باقی می‌ماند. استفاده از کود NPK همانند روش سنتی از منابع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بود، با این تفاوت که ۵۰٪ اوره به صورت پایه و ۲۵٪ به صورت سرک در زمان پنجه زنی (۲۵ روز بعد از نشاکاری) و ۲۵٪ بقیه در زمان تشکیل خوشه اولیه (حدود ۳۵ تا ٤۰ روز بعد از نشاکاری) مصرف می‌شود. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش و وجین دستی استفاده می‌شود.

سیستم نوین مدیریت کشت مبتنی بر تغییر شیوه خزانه‌گیری و استفاده از خزانه نشای جعبه‌ای، استفاده از نشاهای جوان ۳ تا ۳/۵ برگه، کاشت یک نشاء در کپه با عمق کم، الگوی کشت مربعی با فاصله کشت ۳۰ × ۳۰ و در مجموع ۱۰۸ هزار نشاء در هکتار می‌باشد. در این روش از زمان نشاکاری تا دو هفته بعد از آن مزرعه به حالت غرقاب نگه داشته می‌شود و از دو هفته بعد از نشاکاری تا دو هفته قبل از برداشت نسبت به آبیاری متناوب اقدام می‌شود، به طوری که خاک مزرعه همیشه مرطوب می‌باشد. استفاده از کمپوست و ترکیبات آلی به صورت خالص و یا ترکیب با کودهای شیمیایی به صورت پایه و سرک، استفاده از روتاری وجین ۲ تا ٤ مرتبه به فاصله ۷ تا ۱۰ روز برای کنترل علف‌های هرز، هوادهی خاک و خروج گازهای مضر از سایر اقدامات سیستم نوین مدیریت کشت می‌باشد. مشخصات سیستم‌های مختلف کشت به شرح زیر می‌باشند:

T1= روش کشت سنتی به عنوان تیمار شاهد (غرقابی)

T2= روش کشت بهبود یافته

T3= سیستم SRI با استفاده از کمپوست آزولا به مقدار شش تن در هکتار

T4= سیستم SRI با استفاده از کمپوست ارگانیک بازیافت زباله‌های شهری به مقدار ۱/۵ تن در هکتار

T5= سیستم SRI با استفاده از کمپوست آزولا + ۵۰ درصد کود اوره توصیه شده در سیستم سنتی به صورت پایه

T6= سیستم SRI با استفاده از کمپوست ارگانیک بازیافت زباله‌های شهری + ۵۰ درصد کود اوره توصیه شده در سیستم سنتی به صورت پایه

T7= سیستم SRI با استفاده از کمپوست آزولا + ۵۰ درصد کود اوره توصیه شده در سیستم سنتی (۲۵٪ پایه + ۲۵٪ در زمان تشکیل خوشه اولیه)

T8= سیستم SRI با استفاده از کمپوست ارگانیک بازیافت زباله‌های شهری + ۵۰ درصد کود اوره در سیستم سنتی (۲۵٪ پایه + ۲۵٪ تشکیل خوشه اولیه)

T9= سیستم SRI با استفاده از کمپوست آزولا + ۱۰۰ درصد کود اوره در سیستم سنتی (۵۰٪ پایه + ۲۵٪ پنجه‌زنی+ ۲۵٪ در زمان تشکیل خوشه اولیه)

T10= سیستم SRI با استفاده از کمپوست بازیافت زباله‌های شهری + ۱۰۰ درصد کود اوره سیستم سنتی (۵۰٪ پایه + ۲۵٪ پنجه زنی+ ۲۵٪ تشکیل خوشه اولیه).

برای تعیین خصوصیات خاک چند نمونه تصادفی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت شد و مورد بررسی و تجزیه آزمایشگاهی قرار گرفت (جدول ۱).

ابعاد هر کرت ۳ در ٤ متر و مرزها به پهنای تقریبی ۰/۵ متر لحاظ گردید. کلیه سطوح مرزها به منظور جلوگیری از نفوذ و تراوش آب از بین آن‌ها تا عمق حدود ۳۰ سانتی‌متری از کف کرت با پلاستیک پوشانده شد. کود شیمیایی متداول، بر اساس توصیه‌ی کودی و با ترکیب ۱۲۰ کیلوگرم اوره + ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم + ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار

استفاده شد. کود بازیافت زباله شهری و کمپوست آزولا نیز در یک مرحله و دو روز قبل از نشاکاری، در کرت‌های مورد نظر به طور سطحی با خاک مخلوط شد.

به منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر، از هر واحد آزمایشی ١٦ بوته (٤ بوته از چهار طرف هر تیمار) انتخاب شد و عملکرد دانه، بیوماس کل، شاخص برداشت، تعداد پنجه در متر مربع و درصد پوکی بذر تعیین شد. یکی از اهداف کشت برنج به روش SRI، کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری می‌باشد، به همین منظور برای اندازه‌گیری میزان آب مصرفی، از کنتور حجمی استفاده گردید. مقدار آب مصرفی در سیستم SRI، ٢٠٠ میلی‌متر و در سیستم‌های کشت سنتی و بهبود یافته ٣٥٠ میلی‌متر بوده است. بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد از تقسیم عملکرد دانه بر مقدار آب مصرفی و بهره‌وری مبتنی بر بیوماس از تقسیم بیوماس کل بر آب مصرفی بدست آمد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SAS نسخه ٩/١ انجام گرفت. مقایسه میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارها بر میزان عملکرد دانه در سطح احتمال ١٪ معنی‌دار بود (جدول ٢). اثر معنی‌دار مقدار و نحوه استفاده از کودها، به‌ویژه نیتروژن، کاربرد کمپوست و هم‌چنین میزان آب مصرفی بر عملکرد برنج توسط بسیاری از محققین گزارش شده است. ابراهیم و همکاران (Ibrahim *et al.*, 2008) در تحقیقات خود پی بردند که کود آلی و کمپوست، افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و کاه برنج دارد. تفاوت عملکرد دانه برنج در سطوح مختلف کود و کمپوست معنی‌دار بود. تفاوت در جذب مواد غذایی بر پتانسیل عملکرد و رشد موثر است (Ahmad *et al.*, 2008). کاویتا و سوبرامانیان (Kavitha and Subramanian, 2007) گزارش کردند که کاربرد کمپوست اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه برنج در تیمارهای مختلف دارد و کاربرد کمپوست همراه با کود معدنی موجب افزایش عملکرد دانه برنج گردید.

نتایج نشان داد که تیمار T6 بیشترین عملکرد را داشته و بعد از آن تیمار T8 با اختلاف کمی در رتبه بعدی قرار گرفت (شکل ١). این افزایش عملکرد در تیمارهای SRI نشان داد که کمپوست و کود آلی مواد غذایی بیشتری را در دسترس گیاه قرار می‌دهند (Makinde, 2007).

تیمار روش کشت سنتی و ١٠٠٪ کود شیمیایی بصورت پایه (تیمار شاهد) با عملکرد ٣١٧٤ کیلوگرم در هکتار دارای اختلاف کمی با تیمار T10 بود، البته باید توجه داشت که این عملکرد از تعداد ٢٥٠ هزار بوته با تعداد زیاد نشاء در مقابل ١٠٨ هزار بوته تک نشایی در SRI بدست آمده است. تیمار T2 روش کشت بهبود یافته نیز با تعداد ٢٥٠ هزار بوته چهار نشایی عملکردی برابر ٣١٨٨ کیلوگرم در هکتار داشت. بنابراین به راحتی قابل درک است که استفاده از روش‌های SRI علاوه بر کاهش بذر مصرفی و هم‌چنین کاهش استفاده از کود شیمیایی، علاوه بر بهبود وضعیت خاک مزرعه به کاهش آلودگی محیط زیست در دراز مدت نیز منجر می‌شود، که باعث کاهش در هزینه اولیه و در نتیجه سود بیشتر خواهد شد.

تحقیقات جی بریسون (Joelibarison, 2003) نشان داد که استفاده از کمپوست و آبیاری متناوب تحت سیستم SRI باعث عملکردی معادل سه تن در هکتار در مقایسه تیمار کود شیمیایی و آبیاری غرقابی تحت سیستم کشت سنتی گردید. این عملکرد به علت افزایش تعداد دانه و خوشه در مترمربع بوده است. شهزاد و همکاران (Shahzad *et al.*, 2008) در آزمایشات جداگانه‌ای به این نتیجه رسیدند که کاربرد کمپوست عملکرد دانه برنج را افزایش می‌دهد. بی و همکاران (Bi *et al.*, 2008) مشاهده کردند که استفاده از کمپوست اثر مثبتی روی عملکرد دانه برنج دارد و کمپوست می‌تواند عملکرد دانه و حاصل‌خیزی خاک را افزایش دهد.

بیوماس کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارها بر میزان بیوماس کل در سطح احتمال ١٪ معنی‌دار بود (جدول ٢).

مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ٥٪ نشان داد که تیمار T8 با ٩٦٥٢ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار T3 با ٧٢٢٩ کیلوگرم در هکتار کمترین بیوماس کل را دارا بودند. عدم استفاده از کودهای شیمیایی می‌تواند دلیل کاهش بیوماس کل در تیمار T3 باشد (شکل ٢).

کمپوست اثر مثبتی روی رشد گیاه و عملکرد بیولوژیک دارد که ظرفیت مواد آلی را بالا برده و سبب می‌شود که عناصر غذایی بیشتر قابل دسترس شوند (Gupta *et al.*, 1990). بیوماس کل در تعیین میزان عملکرد دانه از اهمیت بسزایی

برخوردار است، لذا برای دستیابی به عملکرد مناسب باید بیوماس را در نیز در حد مطلوب افزایش داد. بیوماس کل ناشی از تجمع ماده خشک است و چنانچه در مراحل اولیه رشد، گیاه با سرعت زیادی ماده خشک ذخیره کند، همراه با مدیریت آبیاری در این دوره با این نوع بافت خاک (رسی)، ممکن است باعث معنی‌دار شدن بیوماس کل در این تحقیق شده باشد. با ظهور جوانه اولیه در خوشه، پنجه‌دهی موثر قطع می‌شود، ولی در تیمارهای تناوب آبیاری به‌دلیل تنش حاصل از تناوب آب، پنجه‌های غیر موثر نیز بعد از ظهور جوانه اولیه در خوشه ظاهر می‌شود که در واقع سبب افزایش عملکرد به میزان اندکی می‌شود (Nahvi, 2000).

شاخص برداشت

اثر تیمارها بر میزان شاخص برداشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار شدن شاخص برداشت در تیمارهای مختلف می‌تواند بیانگر این مسئله باشد که عملکرد دانه و بیوماس کل در تیمارهای مختلف به طور یکسان تغییر کرده‌اند. از آن‌جایی که شاخص برداشت نشان‌دهنده تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌هاست، لذا باید سعی شود آن را با عملیات به زراعی افزایش داد. گرچه شاخص برداشت بزرگتر الزاماً عملکرد بیشتری را تضمین نمی‌کند، ولی شرط حصول عملکرد بیشتر دستیابی به شاخص برداشت مطلوب است (Sarmadnia and Kochaki, 1993). اهمیت شاخص برداشت به‌عنوان معیاری مرکب از تسهیم مواد فتوسنتزی در کل گیاه است. به عبارتی دیگر عملکرد اقتصادی از مقصدهای فیزیولوژیکی جداگانه‌ای که به راحتی قابل تشخیص هستند، تشکیل می‌گردد و در دانه برنج به وضوح قابل تشخیص است (Hashemi Dezfoli *et al.*, 1995). پوسته در برنج، معمولاً ۲۰٪ شلتوک را شامل می‌شود و هنگامی که وزن هزار دانه بدون پوسته منظور می‌گردد شاخص برداشت برای برنج فقط اندکی بالاتر است.

مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که تیمار T6 با ۰/۳٤ و تیمار T10 با ۰/۲۹ به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را دارا بودند (جدول ۳).

بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد

میزان بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد در تیمارهای مختلف در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که تیمار T6 با ۱/۵٦ مترمکعب بیشترین و تیمار T3 با ۱/۱٤ متر مکعب کمترین بهره‌وری آب را داشتند. بقیه تیمارها در بین این دو تیمار قرار گرفتند (جدول ۳). تمام تیمارهایی که تحت روش SRI قرار داشتند، دارای بیشترین میزان بهره‌وری آب بودند که با توجه به کمبود آب در فصل کشت برنج این نکته می‌تواند بسیار مورد توجه قرار گیرد.

آبیاری غرقابی متناوب می‌تواند موجب صرفه‌جویی آب شود، در حالی که کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه ایجاد نخواهد کرد (Jehangir *et al.*, 2004). تنتاوی و قائم (Tantawi and Ghanem, 2001) اعلام کردند که برنج می‌تواند در آب سطحی، محصول بیشتری از غرقابی عمیق تولید کند. ون و همکاران (Won *et al.*, 2004) طی آزمایشات دو ساله گزارش کردند که می‌توان در تیمار با آبیاری به عمق دو سانتی‌متر و چهار سانتی‌متر با افزایش کارایی آب (به‌ترتیب با ٤٤٪ و ۲٦٪) نسبت به آبیاری به عمق ۱۰ سانتی‌متر (به‌ترتیب با ۳۲ و ۱٦٪) در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. بلدر و همکاران (Belder *et al.*, 2004) نیز اظهار داشتند که بیوماس کل و عملکرد دانه در دو روش آبیاری غرقاب دایم و آبیاری متناوب معنی‌دار نبود، اما بهره‌وری آب به‌طور معنی‌داری در شرایط آبیاری متناوب بالاتر بود. آبیاری متناوب می‌تواند تا ۱۵٪ مصرف آب را کاهش دهد، بدون این‌که باعث کاهش عملکرد دانه گردد. تابال و همکاران (Tabbal *et al.*, 2002) در مورد کشت مستقیم و نشایی برنج گزارش نمودند که نگهداری مداوم رطوبت خاک در حالت نزدیک به اشباع باعث پنج درصد کاهش محصول می‌گردد، در حالی که ۳۵ درصد آب مصرفی را نیز در مقایسه با شرایط غرقابی کاهش می‌دهد.

بررسی‌ها نشان داد که با کاهش حدود ۵۰ درصدی مصرف آب در روش SRI، نه تنها کاهش عملکرد دانه به وجود نیامد بلکه افزایش بهره‌وری آب را نیز نسبت به روش‌های متداول کشت ایجاد کرد.

بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر بیوماس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر میزان بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر بیوماس در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که تیمار T8 با ٤/٨ کیلوگرم بر مترمکعب و تیمار T3 با ۳/٦ کیلوگرم بر مترمکعب به‌ترتیب بیشترین و کمترین بهره‌وری مبتنی بر بیوماس را دارا بودند (جدول ۲).

نتایج حاصل در این آزمایش با نتایج ون و همکاران (Won *et al.*, 2004) مطابقت دارد. تمامی این گزارش‌ها حاکی از صرفه‌جویی در مقدار مصرف آب و در نتیجه بالا رفتن بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای استفاده از کود آلی و کمپوست بود.

درصد پوکی دانه

درصد پوکی دانه در خوشه در تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود (جدول ۲). در این گونه موارد، اغلب روش آبیاری به گونه‌ای است که در طی مرحله گل‌دهی، رطوبت نسبی هوا افزایش یافته و درجه حرارت به زیر سطح بحرانی کاهش می‌یابد. این که چند درصد از دانه‌های موجود در پانیکول پر می‌شوند نکته‌ای است که از نظر فیزیولوژی عملکرد اهمیت زیادی دارد. تعداد دانه‌های پر و پوک تحت تاثیر عوامل مختلف از جمله عوامل تغذیه ای قرار می‌گیرد. عوامل محیطی از جمله کمبود مواد فتوسنتزی ناشی از عدم تغذیه مناسب یکی از دلایل افزایش پوکی دانه است (Karballayi, 1993). یوشیدا (Yoshida, 1983) پوکی دانه و درصد باروری را با عوامل دیگر مثل عوامل آب و هوایی در هنگام گرده افشانی مرتبط می‌داند و سهم این عوامل را بین ٦۰ تا ۹۷ درصد بیان کرده است.

تعداد پنجه در متر مربع

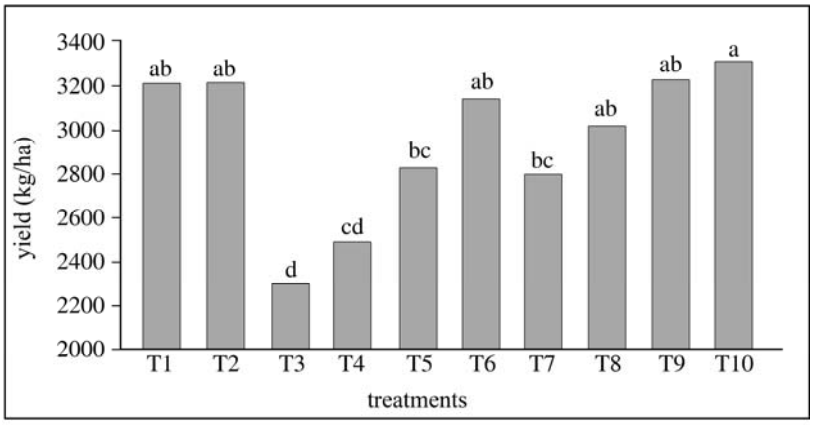
اثر تیمارها بر تعداد پنجه در متر مربع در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار T6 با میانگین ۱۷۵ پنجه در متر مربع و تیمار T7 با میانگین ۱۵۷ پنجه در متر مربع به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد پنجه در متر مربع را نشان دادند (جدول ۳).

خادمی و همکاران (Khademi *et al.*, 2000) نیز افزودن مواد آلی را باعث افزایش تعداد پنجه می‌دانند. با اضافه شدن کمپوست در تیمارها، تعداد پنجه در متر مربع تحت تاثیر قرار می‌گیرد. حداکثر تعداد پنجه در تیمارهایی که کود آلی بکار رفته بود، مشاهده شد. این نتیجه یک ارتباط معنی‌داری با ذخیره و قابلیت دسترسی نیتروژن دارد. احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 2008) اظهار نمودند که کاربرد کمپوست همراه کود شیمیایی نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار تعداد پنجه می‌شود.

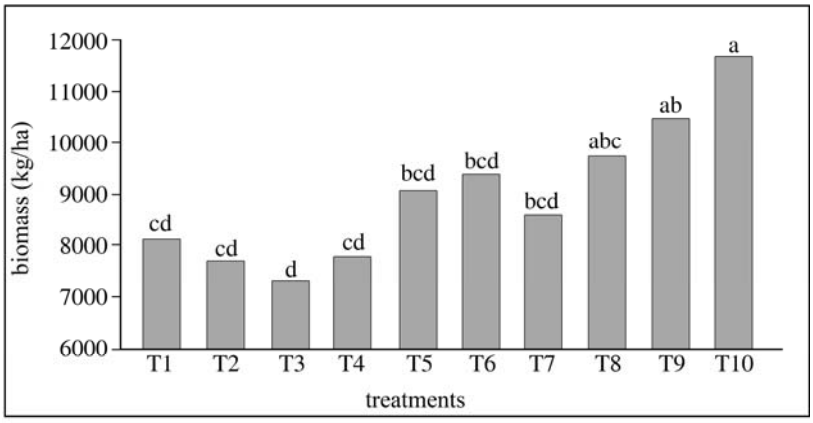
کمبود آب در طول مرحله رویشی (دوره پنجه زنی) تعداد پنجه را کاهش می‌دهد (Bouman and Tuong, 2001). در صورتی که سینک و میسرا (Singh and Misra, 1974) در گزارش خود بیان نمودند که تنش آب در مرحله استقرار گیاه (اوایل دوره رویش) تعداد پنجه‌ها را کاهش می‌دهد، ولی چون پنجه‌های باقی مانده تعداد دانه بیشتری به ازای هر خوشه و وزن هزار دانه بیشتری تولید می‌کند، اثر زیادی بر عملکرد ندارد. از آنجا که عدم دسترسی به آب در مراحل اولیه رشد رویشی موجب تاثیر روی پنجه‌زنی می‌شود، اختلاف بین تعداد پنجه منطقی به نظر می‌رسد. برخی از محققان بالاترین تعداد پنجه را از تیمارهای تحت شرایط آبیاری غرقابی گزارش نموده‌اند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (Tao *et al.*, 2006).

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که سیستم نوین مدیریت کشت برنج می‌تواند گامی بسوی حل مشکل کم آبی در فصل زراعی باشد که منجر به کاهش آب مصرفی بدون کم شدن عملکرد دانه می‌شود. بیشترین مقدار عملکرد دانه در تیمار T6 با مقدار ۳۱۲۲ کیلوگرم در هکتار و بیشترین مقدار بیوماس کل نیز در تیمار T8 با مقدار ۹٦۵۲ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. هم‌چنین بیشترین مقدار بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد نیز با مقدار ۱/۵٦ متر مکعب در هکتار در تیمار T6 مشاهده شد. با توجه به مزایای کشت SRI شامل کاهش مصرف بذر در هکتار و صرفه‌جویی آن به میزان ۷۰ تا ۸۰ درصد، کاهش سطح خزانه به میزان ۷۰ تا ۸۰ درصد، صرفه‌جویی و کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی آفت‌کش در درازمدت، کاهش مصرف سموم علف‌کش، بهبود منابع آب و خاک و کاهش آلودگی آن‌ها، کاهش مصرف آب به میزان ۳۰ تا ٤۰ درصد که در بعضی از منابع تا ۵۰ درصد نیز گزارش شده است. نتایج بدست آمده در این تحقیق می‌تواند تاییدی بر کارایی سیستم نوین مدیریت کشت به عنوان یک روش کشت مناسب با حداقل هزینه و حداقل مصرف آب آبیاری نسبت به روش‌های سنتی و بهبود یافته باشد. به این ترتیب می‌توان مدیریت تیمار T6 و T8 را به عنوان مدیریت مناسب برنج رقم هاشمی در شرایط منطقه گیلان معرفی نمود.



شکل ۱- اثر تیمارهای اعمال شده بر عملکرد دانه برنج

Figure 1. Effects of the applied treatments on grain yield of rice



شکل ۲- اثر تیمارهای اعمال شده بر بیوماس کل برنج

Figure 2. Effect of the applied treatments on total biomass of rice

جدول ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی **Table 1. Soil characteristics of the experimental field**

Soil type	clay (%)	silt (%)	sand (%)	K (ppm)	P (ppm)	Total N (%)	O.C (%)	pH of paste	Ec × 10^3
clay	51	38	11	263	11.9	0.153	1.79	7.23	0.8

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی برنج

Table 2. Analysis of variance for the studied traits of rice

S.O.V.	D.F.	Mean Square						
		Grain yield	WP $_{biomass}^{2}$	WP $_{Yield}^{1}$	Number of Tiller/M^2	Total biomass	Harvest index	Unfilled grain
replication	9	166060.30	682.85	0.03	131.23	28298908.29	0.06	49.21
treatments	2	349829.34**	409.48**	0.21**	732.44**	5658033.82**	0.00**	52.64^{ns}
error		57421.33	33.03	0.01	125.86	1238222.06	0.00	32.29
C.V. (%)		8.17	9.31	8.56	5.52	12.53	14.06	6.43

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 1% and 5% levels of probability and non- significant, respectively.

۱- بهره‌وری مبتنی بر عملکرد، ۲- بهره‌وری مبتنی بر بیوماس 1. Yield based water productivity, 2. Biomass based water productivity

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در برنج در تیمارهای مختلف

Table 3. Mean comparison of the studied traits in the studied treatments

Treatment	$WP_{biomass}$	WP_{Yield}	Number of tiller/m^2	Harvest index	Unfilled grain
1	2.29 ^{e}	0.90 ^{e}	280.3 ^{a}	0.39 ^{ab}	5.30 ^{b}
2	2.16 ^{e}	0.91 ^{e}	295 ^{a}	0.42 ^{a}	7.49 ^{ab}
3	3.16 ^{d}	1.14 ^{d}	165.6 ^{de}	0.32 ^{b}	6.02 ^{b}
4	3.83 ^{cd}	1.24 ^{cd}	186 ^{cd}	0.33 ^{abc}	12.06 ^{ab}
5	4.47 ^{bcd}	1.40 ^{bc}	168.6 ^{de}	0.34 ^{abc}	6.07 ^{b}
6	4.62 ^{bcd}	1.56 ^{ab}	175 ^{de}	0.34 ^{abc}	12.15 ^{ab}
7	4.22 ^{bcd}	1.38 ^{bc}	157.6 ^{e}	0.34 ^{abc}	6.28 ^{ab}
8	4.82 ^{abc}	1.5 ^{ab}	173.6 ^{de}	0.33 ^{abc}	9.41 ^{ab}
9	5.17 ^{ab}	1.6 ^{ab}	195.3 ^{a}	0.33 ^{abc}	17.56 ^{a}
10	5.78 ^{a}	1.64 ^{a}	280.3 ^{a}	0.29 ^{c}	14.37 ^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

Means with the same letters in each column are not significantly different at 5% of probability level.

References

Ahmad R, Arshad M, Zahir ZA, Naveed M, Khalid M, Asghar HN (2008) Integration of nitrogen – enriched compost with biologically active substances for improved growth and yield of cereals. Pakistan Journal of Botany 40 (1): 283-293.

Alam SM (2004) Azolla, a green compost for rice. The DAWN Group of Newspapers, p 2. www.dawn.com.

Barker R, Dawe D, Tuong TP, Bhuyan SI, Guerra LC (2000) The outloock for water resources in the year 2020: challenges for research on water management in rice production. International Rice Community Newsletter 49: 7-21.

Belder P, Bouman BAM, Cabangon R, Guoan L, Quilang EJP, Yuanhua L, Spiertz JHJ, Tuong TP (2004) Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. Agricultural Water Management 65 (3): 193-210.

Bi L, Bin Z, Guangrong L, Zuzhang L, Yiren L, Chuan Y, Xichu Y, Tao L, Jiguang L, Jianmin Y, Liang Y (2008) Long- term effect of organic amendments on the rice yields for double rice cropping systems in subtropical China. Agriculture Ecosystems & Environment 129(4): 534-541.

Bouman BAM, Tuong TP (2001) Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. Agricultural Water Management 49: 11-30.

Eghball B, Ginting D, Gilley JE (2004) Residual effects of manure and compost applications on maize production and soil properties. Agronomy Journal 96: 442- 447.

Gupta VK, Potalita BS (1990) Zinc-cadmium interaction in wheat. Indian Journal of Soil Science 48: 452-457.

Hashemi Dezfoli AH, Kochaki A, Banayan Aval M (1995) Maximizing crop yields. Jiahd-e-Daneshgahi of Mashahd University, Mashhad, Iran. 287 pp. [In Persian with English Abstract].

Ibrahim M, Hassan AU, Iqbal M, Elahi Valeem E (2008) Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. Pakistan Journal of Botany 40(5): 2135-2141.

Jehangir WA, Turral H, Masih I (2004) Water productivity of rice crop in irrigated areas. Journal of Crop Production 4: 1-22.

Joelibarison (2003) Nutrient-use efficiency and nutrient use uptake in conventional and intensive (SRI) rice cultivation systems in Madagascar. M.Sc. Thesis, Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, NY.

Karballayi Agha Maleki MH (1993) Investigation on the effect of controller materials (Etefon and Yunikonazol) on two rice cultivars (Tarom and Rashti) in two growth stages. M.Sc. Thesis in Agronomy, Agriculture Faculty, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. 127 pp. [In Persian with English Abstract].

Kavitha R, Subramanian P (2007) Effect of enriched municipal solid waste compost application on growth, plant nutrient uptake and yield of rice. Journal of Agronomy 6 (4): 586-592.

Khademi Z, Malekoti M, Golchin A (2000) Maximizing wheat protein in order to bread quality improvement and wheat balanced nourishment. Journal of soil and water Sciences 6(12): 23-35.

Liang M, Tan Z, Cheng L (2000) Influence of drought stress on water use efficiency of paddy rice. Life Science Research 4(4): 351-355.

Makinde EA (2007) Effect of an organo-mineral fertilizer application on the growth and yield of maize. Journal of Applied Sciences Research 3 (10): 1152-1155.

Malakouti MJ, Kavousi M (2004) Balanced nutrition of rice. Ministry of Jihade-e-Agriculture. Deputy of Agronomy, Tehran, Iran. [In Persian with English Abstract].

Nahvi M (2000) Determination of the best irrigation interval based on growth indices analysis and rice yield. M.Sc. Thsis, Islamic Azad University, Karaj Branch, Iran. [In Persian with English Abstract].

Pabby A, Prasana R, Singh PK (2003) Azolla–Anabaena symbiosis from traditional agriculture: to biotechnology. Indian Journal of Biotechnology 2: 26-37.

Robin A, Szmidt K, Andrew A, Dickson W (2001) Use of compost in agriculture: Frequently asked questions (FAQs). Remade, Scotland.

Sarmadnia Gh, Kochaki A (1993) Crop physiology. Jihad-e-Daneshgahi Publication. 467 pp. [In Persian with English Abstract].

Satyanarayana A, Thiyagarajan TM, Uphoff N (2006) Opportunities for water saving with higher yield from the system of rice intensification. Irrigation Science 25: 99-115.

Shahzad S, Khalid M, Arshad A, Mehboob I (2008) Integrated use of plant growth promoting bacteria and P-enriched compost for improving growth, yield and nodulation of chickpea. Pakistan Journal of Botany 40 (4): 1725-1741.

Stoop WA, Uphoff N, and Kassam A (2002) A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers. Agriculture System 71: 249-274.

Tabbal DF, Bouman BAM, Bhuiyan SI, Sibayan EB, Sattar MA (2002) On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice; case studies in the Philippines. Agricultural Water Management 56: 93-112.

Tantawi BA, Ghanem SA (2001) Water use efficiency in rice culture. Agricultural Research Center, Giza (Egypt). CIHEAM-Optin Mediterraneennes 40: 39-45.

Tao H, Brueck H, Dittert K, Kreye C, Lin S, Sattelmacher B (2006) Growth and yield formation of rice (*Oryza sativa* L.) in the water–saving ground cover rice production system (GCRPS). Field Crops Research 95: 1-12. Available at url: http//www.sciencedirect. com.

Thies J, Grossman J (2006) The soil habitat and soil ecology. In: Uphoff N (Ed.), Biological approaches to sustainable soil systems, 59-78. CRC Press, Boca Raton, FL.

Vijayakumar M, Ramesh S, Chandrasekaran B, Thiyagarajan TM (2006) Effect of system of rice intensification (SRI) practices on yield attributes, yield and water productivity of rice (*Oryza sativa* L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(6): 236-242.

Won J, Choi JS, Lee SP (2004) Increasing water productivity and growth of rice with less irrigation water. Gyeongbuc Agricultural Technology Administration, Korea.

Yoshida S (1983) Rice. Rise Symposium on Potential Productivity of Field Crops under different environment. International Rice Research Institute, Manila, the Philippins, pp: 103-129.