بررسی رشد و فنولوژی محصول اصلی و راتون ارقام برنج در سامانه‌های زراعی مختلف

Investigation of Growth and Phenology of Main Crop and Ratoon of Rice Cultivars in Differents Cropping Systems

سلمان دستان[۱*]، قربان نورمحمدی[۲]، حمید مدنی[۳]، محبوبه ابراهیمی[۴] و اسماعیل یساری[۴]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۹

چکیده

این آزمایش با هدف ارزیابی فنولوژی رشد محصول اصلی و راتون برنج در سامانه‌های زراعی، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی واقع در شهرستان نکا طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ اجرا شد. نظام‌های کاشت رایج، بهبودیافته و فشرده[1] به‌عنوان عامل اصلی و ارقام سنگ طارم، طارم هاشمی، ندا و شیرودی به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که در نظام کاشت رایج دوره رشد طولانی‌تر بوده و تأخیر در وارد شدن به مرحله زایشی به کاهش عملکرد شلتوک محصول اصلی و راتون منجر شد. در نظام کاشت فشرده ایجاد شرایط بهینه رشد باعث افزایش عملکرد شد. بیش‌ترین عملکرد شلتوک محصول اصلی برای دو رقم ندا و شیرودی تولید شد. عملکرد شلتوک راتون رقم طارم هاشمی به‌میزان ۷/۵۳ درصد بیش‌تر از رقم سنگ طارم بود. حداکثر عملکرد شلتوک محصول اصلی در اثر متقابل نظام کاشت فشرده و رقم ندا حاصل شد. بیش‌ترین شاخص برداشت محصول اصلی در اثر متقابل بین نظام کاشت فشرده و رقم شیرودی (۵۷/۱۲ درصد) به‌دست آمد. بالاترین شاخص برداشت راتون نیز در اثر متقابل دو نظام کاشت فشرده و بهبودیافته برای رقم طارم هاشمی مشاهده شد. بنابراین، کاشت ارقام برنج در نظام کاشت فشرده سودمندی بالاتری نسبت به نظام کاشت بهبودیافته و رایج داشت.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد شلتوک، نظام کاشت

۱. پژوهشگر پسادکتری، بخش مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج، ایران
۲. استاد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک، ایران
۴. استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
*: نویسنده مسئول Email: dastan@abrii.ac.ir

1. SRI: System of Rice Intensification

مقدمه

زندگی بیش از نیمی از بشریت به برنج وابسته است و این گیاه فرهنگ‌ها، رژیم‌های غذایی و اقتصاد میلیاردها نفر را در سراسر جهان شکل داده‌است (*فاروغ*[1] و همکاران، 2009). فنولوژی یکی از مباحث علم گسترده بوم‌شناسی بوده و منظور از آن مطالعه تغییرات مراحل حیاتی گیاهان می‌باشد. مشخص کردن مراحل حیاتی گیاهان ازجمله ارزیابی صفات فنولوژیک برای بهبود عملکرد و کمک به تصمیم‌گیری برای به حداکثر رساندن منابع قابل دسترس گیاه بسیار مهم می‌باشد. فنولوژی و طول دوره رشد گیاه برنج از عوامل عمده تعیین‌کننده تقویم زراعی و بوم‌شناسی ارقام برنج در منطقه مورد کشت می‌باشد (*ین*[2] و همکاران، 2005). پیش‌بینی صحیح مراحل فنولوژیک گیاه زراعی برای بهینه‌سازی فعالیت‌های مدیریتی در مزرعه و سازگاری بهتر تقویم زراعی با بوم نظام‌های زراعی، بسیار مهم می‌باشد (*اتوه*[3] و همکاران، 2005؛ *خانال*[4]، 2005). همچنین مراحل نمو فنولوژیک در گیاهان تحت تأثیر دما، فتوپریود و بهاره‌سازی قرار می‌گیرد (*گونزالز*[5] و همکاران، 2002؛ *استریک*[6] و همکاران، 2003). در نظام‌های کاشت رایج، شالیکاران به‌طور معمول نشاءهای مسن و بالغ برنج را با تراکم‌های بالا، به‌صورت دسته‌ای و با تعداد زیاد در کپه نشاءکاری می‌کنند که باعث افزایش مصرف بذر و کاهش پتانسیل رشد اندام هوایی و ریشه گیاه برنج در اثر افزایش رقابت درون بوته‌ای و همچنین افزایش طول دوره رشد گیاه می‌شود (*شریف*[7]، 2011). با توجه به معایب و معضلات نظام کاشت رایج، نظام کاشت فشرده (SRI) بر هفت اصل: تغییر شیوه خزانه‌گیری، استفاده از خزانه نشاء جعبه‌ای و پرورش و کاشت نشاءهای جوان ۴-۳ برگی، کاشت یک نشاء در کپه، فواصل کاشت کم‌تر بین نشاءها و الگوی کاشت مربعی و نشاءکاری با عمق کم، استفاده از کمپوست و کودهای آلی به جای کودهای شیمیایی، ایجاد شرایط هوازی برای خاک و کنترل مکانیکی علف‌های هرز برای هوادهی خاک و عدم غرقاب دایم در شالیزار و استفاده از آبیاری تناوبی برای کاهش آب مصرفی طرح‌ریزی شد (*آفوف*[8]، 2007). نتایج محققان نشان داد که در نظام کاشت فشرده فیلوکرون گیاه تحت شرایط مطلوب خزانه و الگوی کاشت مناسب قرار گرفت.

1. Farooq
2.Yin
3. Itoh
4. Khanal
5. Gonzalez
6. Streck
7. Sharif
8. Uphoff

به‌طورکلی، در نظام کاشت فشرده رشد و توسعه گیاه به‌طور هم‌زمان صورت می‌گیرد (*ویرامانی*[9] و همکاران، 2012). با این حال، توسعه و رشد متقابل فراگیر و یا منحصر به فرد تحت شرایط یک عامل ممکن است بدون عامل دیگر رخ دهد (*ویرامانی* و همکاران، 2012). تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی در نظام کاشت فشرده در مقایسه با نظام کاشت رایج معادل ۴ و ۵ روز کم‌تر بود و گیاه در این نظام کاشت زودرس‌تر از نظام کاشت رایج بود (*کریشنا*[10] و همکاران، 2008). نتایج مشابهی توسط دیگر محققان گزارش شد (*ویجی‌کومار*[11] و همکاران، 2006a, b). *استایگر*[12] (2009) گزارش کرد گیاهان رشدیافته در نظام کاشت فشرده یک تا دو هفته زودرس‌تر از گیاهان شاهد بودند. با ارزیابی ساختار تاج پوشش گیاه در مرحله گل‌دهی مشاهده شد که زاویه تاج پوشش در نظام فشرده به میزان قابل توجهی بیش‌تر از شیوه مرسوم بود و پنجه‌های جدید تولید شده نیز عمودتر از پنجه‌های افقی شیوه مرسوم کاشت بودند. در نظام کاشت فشرده به‌علّت تعداد نشاهای کم‌تر کاشته شده، پنجه‌ها از ساقه‌های اصلی تولید شدند. ولی در روش مرسوم کاشت، پنجه‌ها از ساقه‌های فرعی‌تر تولید شدند که اکثر آن‌ها وارد مرحله زایشی نشده و عقیم ماندند. آرایش برگی مناسب و ساختار مطلوب تاج پوشش در نظام کاشت فشرده به قرار گرفتن گیاه در معرض نور بیش‌تر منجر شده که باعث افزایش کارآیی استفاده از نور شد که توجیه اصلی برای آن را می‌توان به کاشت کم عمق با تعداد نشاء کم‌تر در کپه در روش کاشت فشرده نسبت داد (*تاکور*[13] و همکاران، 2011). افزایش عملکرد در نظام کاشت فشرده در مقایسه با نظام کاشت رایج می‌تواند به‌دلیل رشد بهتر ریشه و فراهم بودن مواد غذایی برای گیاه و همچنین تراکم مطلوب گیاهی و ایجاد شرایط هوازی در خاک باشد که به افزایش اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه منجر شد (*حامید*[14] و همکاران، 2011b؛ *تاکور* و همکاران، 2010a, b؛ *توماس* و *رمزی*[15]، 2011؛ *ژائو*[16] و همکاران، 2010). بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی فنولوژی رشد و رابطه آن با عملکرد شلتوک در محصول اصلی و راتون ژنوتیپ‌های برنج در نظام‌های کاشت اجرا شد.

9. Veeramani
10. Krishna
11. Vijayakumar
12. Styger
13. Thakur
14. Hameed
15. Thomas and Ramzi
16. Zhao

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان نکا به فاصله ۲۵ کیلومتری ایستگاه تحقیقات زراعی بایع‌کلا طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ اجرا شد. شهرستان نکا در قسمت شمالی رشته‌کوه‌های البرز و جنوب دریای خزر واقع در شمال ایران و در استان مازندران قرار دارد. محل اجرای آزمایش در امتداد ساحل دریای خزر با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۷ درجه شرقی واقع شده است که ارتفاع آن از سطح دریا صفر می‌باشد. نمونه‌برداری خاک قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر انجام شد و نتایج آزمون خاک محل آزمایش در جدول ۱ بیان شد. مهم‌ترین مؤلفه‌های آب و هوایی در طی دوره نمو و رشد گیاه برنج نیز در طی سال‌های اجرای آزمایش در جدول ۲ ارایه شده است.

آزمایش به شکل کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. نظام‌های کاشت رایج منطقه، بهبودیافته و فشرده (SRI) به‌عنوان عامل اصلی و دو رقم پابلند سنگ طارم و طارم هاشمی و دو رقم پاکوتاه ندا و شیرودی به‌عنوان عامل فرعی بودند. برای پرورش محصول راتون تنها دو رقم پابلند سنگ طارم و طارم هاشمی در نظر گرفته شدند. دو رقم پاکوتاه ندا و شیرودی به‌دلیل طولانی بودن دوره رشد و رشد ثانویه ضعیف پتانسیل راتون‌زایی مناسبی ندارند. ارقام سنگ طارم و طارم هاشمی جزء ارقام کیفی و از گروه ایندیکا بوده و دارای کیفیت بالا و طعم خوبی است، اما عملکرد آن‌ها نسبتاً پایین است. همچنین جزء ارقام زودرس و پابلند محسوب شده که دارای قدرت پنجه‌زنی متوسط بوده و دانه این ارقام طویل می‌باشد. رقم ندا از تلاقی بین سه رقم سنگ طارم، حسن سرایی و آمل ۳ حاصل شده است. نقاط قوت رقم جدید ندا عملکرد بالا، کیفیت نسبتاً مطلوب و مقاومت به خوابیدگی می‌باشد. همچنین رقم ندا به عوامل زنده بیماری‌زا مانند بلاست و آفات کرم ساقه‌خوار و کرم سبز برگ‌خوار مقاوم است. رقم شیرودی با عملکرد کمی و کیفی بالا از دو رگ‌گیری لاین شماره ۵ (خزر × دیلمانی) تولید شد. این رقم دارای خصوصیاتی ازجمله عملکرد حدود ۸ تن در هکتار، کیفیت مطلوب پخت، مقاوم به آفات و بیماری‌ها می‌باشد. مشخصات نظام‌های کاشت در ادامه آورده شده است.

۱) نظام کاشت رایج منطقه: روش تهیه نشاء کرتی بوده است. میانگین دمای خزانه طی دو سال در محدوده ۲۶-۲۲ درجه سانتی‌گراد بود. از نشاءهای بالغ (۳۵ روزه) و تعداد ۳ الی ۵ نشاء در کپه با آرایش کاشت تصادفی و نامنظم (تراکم کاشت متغیر۲۰-۱۶ کپه در مترمربع) استفاده شد. نشاءکاری در سال اول در تاریخ ۹۰/۲/۲۶ و در سال دوم در تاریخ ۹۱/۳/۲ انجام شد. غرقاب دایم شالیزار و حفظ سطح آب ایستابی در تمامی مراحل نمو و رشد در نظر گرفته شد. بعد از نشاءکاری تا دو هفته قبل از برداشت، مزرعه به حالت غرقاب بوده و از زهکشی و کاهش سطح آب ایستابی جلوگیری گردید. کودهای شیمیایی NPK از منبع اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. تمامی فسفر و پتاسیم و ۷۵ درصد کود نیتروژن به‌صورت پایه و ۲۵ درصد باقی‌مانده نیتروژن به‌صورت سرک در مرحله ۳۰ روز بعد از نشاءکاری مصرف شد. برای کنترل علف‌های هرز یک‌بار از علف‌کش پیش‌رویشی بوتاکلر و دوبار وجین دستی در ۲۸ و ۴۵ روز بعد از نشاءکاری استفاده شد. مبارزه با آفات به‌وسیله حشره‌کش دیازینون (گرانول ۵ درصد به‌مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار) و قارچ‌کش بیم (تری‌سیکلازول) به‌مقدار ۷۵۰ گرم در هکتار برای کنترل بلاست در مرحله ۳۰ درصد خوشه‌دهی انجام شد.

۲) نظام کاشت بهبودیافته (اصلاح‌شده): در طراحی این نظام کاشت سعی شده است که مدیریت زراعی در آن با توجه به نظام‌های کاشت رایج منطقه و فشرده اعمال شود تا ارزیابی دقیق و کامل‌تری در مورد آن‌ها انجام شود. بنابراین، روش تهیه نشاء کرتی بود. از نشاءهای ۲۵ روزه به تعداد سه نشاء در هر کپه با آرایش کاشت مربعی به فواصل ۲۵×۲۵ سانتی‌متر (تراکم کاشت ۱۶ کپه در مترمربع) استفاده شد. غرقابی دایم شالیزار و یک مرتبه خروج آب میان فصل انجام شد. برای این منظور، بعد از نشاءکاری اقدام به ایجاد غرقابی و حفظ آب شده و فقط در مرحله حداکثر پنجه‌زنی، خروج کامل آب انجام شد تا ترک‌هایی در کرت مشاهده گردد؛ سپس اقدام به آبیاری گردید و تا دو هفته قبل از برداشت به حالت غرقاب باقی ماند. کودهای شیمیایی NPK از منابع اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. ۵۰ درصد اوره و پتاسیم و تمامی کود فسفر به‌صورت پایه انجام شد. ۵۰ درصد پتاسیم و ۲۵ درصد اوره به‌صورت سرک در مرحله ۳۰ روز بعد از نشاءکاری مصرف شد. ۲۵ درصد اوره باقی‌مانده در مرحله ظهور خوشه مصرف شد. برای کنترل علف‌های هرز یک‌بار از علف‌کش پیش‌رویشی بوتاکلر به‌مقدار ۴/۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتارو دوبار وجین دستی در ۲۸ و ۴۵ روز بعد از نشاءکاری استفاده شد. مبارزه با آفات نیز به‌وسیله حشره‌کش دیازینون (گرانول ۵ درصد به‌مقدار ۶ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) و

کنترل بلاست توسط قارچ‌کش بیم (تری‌سیکلازول) به‌مقدار ۰/۷۵ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار در مرحله ۳۰ درصد خوشه‌دهی انجام شد.

۳) نظام کاشت فشرده (SRI): بعد از معرفی نظام کاشت فشرده، انتقادات زیادی در مورد شیوه اجرا و پتانسیل تولید این نظام کاشت شده است. بنابراین، در طراحی این نظام کاشت سعی شد بهترین شیوه مدیریت عملیات زراعی با توجه به شرایط آب و هوایی، خصوصیات خاک و فرهنگ کشاورزان منطقه اجرا شود. برای این منظور، در شیوه خزانه‌گیری تغییر ایجاد گردید و از خزانه نشاء جعبه‌ای پلاستیکی استاندارد مخصوص ماشین نشاءکار استفاده شد. نشاءهای جوان ۲۰ روزه (۴-۳ برگی) برای نشاءکاری در نظر گرفته شد (امیری لاریجانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ *امیری لاریجانی*[1]، 2008؛ *امیری لاریجانی*، 2009). تعداد دو نشاء در هر کپه با آرایش کاشت مربعی با فواصل ۲۰×۲۰ سانتی‌متر (تراکم کاشت ۲۵ کپه در مترمربع) به‌صورت مکانیزه و به‌وسیله ماشین نشاءکار استفاده شد. در این روش از زمان نشاءکاری تا دو هفته بعد از آن، مزرعه به حالت غرقاب نگه داشته شد. سپس تا دو هفته قبل از برداشت اقدام به آبیاری تناوبی گردید، به نحوی‌که خاک مزرعه همیشه مرطوب بود (*امیری لاریجانی*، 2008؛ *امیری لاریجانی*، 2009). کود شیمیایی نیتروژن از منبع اوره (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود دامی به میزان ۱۰ تن در هکتار به‌صورت پایه قبل از نشاءکاری مصرف شد (*امیری لاریجانی*، 2008؛ *امیری لاریجانی*، 2009). ۵۰ درصد اوره به‌صورت پایه و ۵۰ درصد باقی‌مانده در مرحله ظهور خوشه آغازین استفاده شد. کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم در این نظام کاشت مصرف نشد. برای کنترل علف‌های هرز از روتاری یا وجین‌کن سه مرتبه با فاصله ۷ روز استفاده شد. مبارزه با آفات به‌وسیله حشره‌کش دیازینون (گرانول ۵ درصد به مقدار ۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) و کنترل بلاست به کمک قارچ‌کش بیم (تری‌سیکلازول) به‌مقدار ۰/۳۸ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار در مرحله ۳۰ درصد خوشه‌دهی انجام شد.

برای اندازه‌گیری صفات گیاهی برنج از دستورالعمل اندازه‌گیری صفات (SES= Standard Evaluation System) استفاده شد. برای تعیین صفات فنولوژیک تعداد روز پس از نشاءکاری تا مراحل شروع پنجه‌دهی، ظهور خوشه آغازین، ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک از روی ۸ کپه در هر کرت نمونه‌گیری انجام شد (امیری لاریجانی و همکاران، ۱۳۹۰). طول ساقه با شمارش و اندازه‌گیری از روی ۱۵ کپه در هر کرت به‌دست آمد. عملکرد شلتوک با برداشت بوته از ۴ مترمربع از وسط هر کرت با رطوبت ۱۴ درصد در هر کرت اندازه‌گیری شد. سپس شاخص برداشت از نسبت عملکرد شلتوک به عملکرد زیستی حاصل و به‌صورت درصد بیان شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گردید و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است (*تاچمن*[2]، 2012).

نتایج و بحث

فنولوژی رشد محصول اصلی

تعداد روز از ابتدای نشاءکاری تا مرحله شروع پنجه‌زنی

شروع مرحله پنجه‌زنی با ظهور اولین پنجه در ۰/۵ الی ۱ سانتی‌متری بالای غلاف برگ تعیین می‌شود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تعداد روز از ابتدای نشاءکاری تا شروع پنجه‌زنی از نظر آماری تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح احتمال یک درصد و در اثر متقابل دوگانه آن‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). حداکثر تعداد روز از ابتدای نشاءکاری تا شروع پنجه‌زنی در اثر متقابل نظام کاشت رایج و رقم ندا معادل ۱۸ روز و کم‌ترین تعداد روز تا شروع پنجه‌زنی برابر ۸/۵ روز در اثر متقابل نظام کاشت فشرده و رقم طارم هاشمی به‌دست آمد (شکل۱). دلیل اصلی تأخیر در شروع پنجه‌زنی در نظام کاشت رایج در مقایسه با دو نظام کاشت دیگر، سن نشای بالاتر و تعداد نشای بیش‌تر بود. چون سن نشاء به‌عنوان یک عامل مهم زراعی جهت استقرار یکنواخت بوته‌های برنج محسوب می‌گردد و انتقال نشاءهای جوان به زمین اصلی در مقایسه با نشاءهای مسن علاوه بر سهولت در کاشت مکانیزه باعث افزایش فتوسنتز در طول دوره رشد گیاه می‌گردد و نشاءها با رقابت کم‌تری از عوامل محیطی مانند نور، مواد غذایی و غیره استفاده می‌کنند (*ساساکی*[3]، 2004). ارقام ندا و شیرودی جزء ارقام دیررس و ارقام سنگ طارم و طارم هاشمی زودرس محسوب می‌شوند که رقم ندا در مقایسه با رقم شیرودی دیررس‌تر و رقم سنگ طارم نیز دیررس‌تر از طارم هاشمی می‌باشد. به‌نظر می‌رشد ارقام دیررس حساسیت زیادتری به تأخیر در کاشت داشته باشند. در عوض ارقام بومی به‌دلیل سازگاری‌های اکوفیزیولوژیک در طول سالیان متمادی در منطقه مورد رشد با تغییرات اقلیمی عکس‌العمل بهتری نشان داده و حساسیت کم‌تری به نوسان

1. Amiri Larijani

2. Tuchman
3. Sasaki

محیطی دارند. چون افزایش سن نشاء به تأخیر در کاشت منجر شد که تاریخ کاشت نامناسب منجر به برخورد دوره رشد رویشی و زایشی گیاه با شرایط نامناسبی از طول روز و دما شده است. اصولاً با تأخیر در کاشت بعد از یک تاریخ معین، پتانسیل عملکرد به‌طور تصاعدی کاهش می‌یابد. زیرا در زمان افزایش تابش خورشید، نور کافی و لازم توسط تاج پوشش گیاه دریافت نمی‌شود. به‌عبارتی دیگر در زمان که حداکثر تابش خورشید، جامعه گیاهی دارای بیش‌ترین برگ برای دریافت حداکثر نور نیست.

تعداد روز از ابتدای نشاءکاری تا مرحله ظهور خوشه آغازین

مهم‌ترین تغییر فنولوژیک گیاه، عبور از مرحله رویشی به زایشی است که موجب تغییر در جابه‌جایی ماده خشک در اندام‌های گیاه می‌شود. این مرحله رشدی که تقریباً مطابق با مرحله پنجه‌دهی کامل می‌باشد، وقتی که برگ‌ها در سطح خاک به حالت پیچیده در می‌آیند و رشد گیاه نمایان شده و با پاره شدن غلاف آخرین برگ همراه است، تعیین می‌شود. این صفت از نظر آماری تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح احتمال یک درصد و در اثر متقابل سال × رقم در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۴). در نظام کاشت رایج در مقایسه با دو نظام کاشت دیگر، گیاه دیرتر به مرحله ظهور خوشه آغازین رسید. بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد روز تا مرحله ظهور خوشه آغازین برای رقم ندا ۵۰/۵ روز و رقم طارم هاشمی ۴۱/۸ روز مشاهده شد. با توجه به این‌که رقم ندا دیررس‌تر بود، دیرتر از سایر ارقام به مرحله ظهور خوشه آغازین رسید. همچنین رقم طارم هاشمی به‌علّت زودرس بودن در مقایسه با سایر ارقام سریع‌تر چرخه رشد خود را کامل نموده و وارد مرحله ظهور خوشه آغازین شده است (جدول ۵).

برای اثر متقابل دوگانه سال × رقم مشاهده شد که بیش‌ترین تعداد روز تا مرحله ظهور خوشه آغازین در هر دو سال برای رقم ندا (به‌ترتیب برابر ۵۰/۳۳ و ۵۰/۶۷ روز) و کم‌ترین تعداد روز نیز در هر دو سال برای رقم طارم هاشمی برابر ۴۲ و ۴۱/۶۳ روز به‌دست آمد (شکل ۲). سن نشاء در زمان انتقال به زمین اصلی می‌تواند بسته به محدودیت‌های زراعی، شرایط آب و هوایی و روش تهیه نشاء در خزانه و ویژگی رقم متفاوت باشد. گیاه در نظام کاشت فشرده زودرس‌تر از نظام کاشت رایج بود (*کریشنا* و همکاران، 2008). نتایج مشابهی توسط *ویجی‌کومار* و همکاران (2006b) گزارش شد.

تعداد روز از ابتدای نشاءکاری تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی

فاصله زمانی کاشت تا گل‌دهی یکی از خصوصیات مهم برای پیش‌بینی عملکرد و دستیابی به عملکرد بالقوه گیاهان زراعی ازجمله برنج در مناطق مختلف می‌باشد. گل‌دهی، مجموعه‌ای است که بین مرحله باز شدن تا بسته شدن خوشه‌چه طی مدت ۱ تا ۲/۵ ساعت روی می‌دهد. با توجه به جدول ۴، این صفت از نظر آماری تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح یک درصد و اثر متقابل سه‌گانه سال × نظام کاشت × رقم در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. در دو نظام کاشت بهبودیافته و فشرده در مقایسه با نظام کاشت رایج گیاه زودتر وارد این مرحله شد که دلیل اصلی آن را می‌توان به مدیریت زراعی نامناسب در نظام رایج عنوان نمود. به‌نظر می‌رسد در نظام کاشت فشرده به‌دلیل پرورش نشاءها در داخل جعبه به راحتی بتوان از نشاءهای ۲۰ روزه برای نشاءکاری استفاده کرد و هنگام کندن نشاء از خزانه، نشاءها صدمه کمتری را متحمل شده است. همچنین، پرورش نشاء جعبه‌ای و استفاده از نشاءهای جوان در نظام کاشت فشرده منجر به حداکثر پنجه‌زنی در زمین اصلی شده است. چون هرچه سن نشاء کمتر باشد ریشه‌های تاجی که مولد تولید پنجه هستند در داخل زمین اصلی بدون هیچ گونه صدمه‌ای تشکیل شده و برنج قادر خواهد بود حداکثر پتانسیل پنجه‌زنی خودش را نشان دهد. ولی در نظام کاشت رایج استفاده از نشاءهای مسن باعث شد که ریشه‌های تاجی در داخل خزانه تشکیل شده و در زمان کندن نشاءها آسیب ببینند. همچنین در نظام کاشت رایج، استفاده از تعداد زیاد نشاء در کپه باعث رقابت شدید بین نشاءها و کاهش پتانسیل رشد اندام هوایی و ریشه در اثر افزایش رقابت درون بوته‌ای شده که این امر باعث از بین رفتن تعداد زیادی از نشاءهای هر کپه شده است.

مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که این صفت فنولوژیک برای دو رقم زودرس سنگ طارم و طارم هاشمی برابر ۵۷/۲۱ و ۵۵/۵۴ روز و برای دو رقم دیررس ندا و شیرودی به‌ترتیب معادل ۷۰/۱۷ و ۶۹/۱۷ روز بود (جدول ۵). برای اثر متقابل سه‌گانه سال × نظام کاشت × رقم نیز بیش‌ترین تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی در اثر متقابل سال دوم در نظام کاشت رایج برای دو رقم ندا و شیرودی (۷۲/۵ و ۷۳/۵ روز) به‌دست آمد. کم‌ترین تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی نیز در اثر متقابل سه‌گانه هر دو سال در نظام کاشت فشرده برای رقم طارم هاشمی ۵۳/۵ روز حاصل شد (شکل ۳). با توجه به جدول همبستگی بین صفات مشاهده شد که همبستگی مثبت

و بسیار بالایی بین تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و ظهور خوشه آغازین مشاهده شد (جدول ۸). انطباق طول دوره رشد ارقام برای دستیابی به عملکرد قابل قبول، افزایش بهره‌وری، کاهش ضایعات و تداوم کشت آن‌ها همواره یکی از مباحث مهم و تأثیرگذار می‌باشد. از این‌رو، توسعه کشت ارقام متوسط‌رس و دیررس در مناطق شالیزاری شمال کشور، وابستگی زیادی به تقویم زمانی کشت و کار و به‌ویژه تاریخ بذرپاشی در خزانه و سن گیاهچه، زمان نشاءکاری و طول دوره رشد ارقام برنج دارد. نشاءکاری دارای اثر قابل توجهی بر رشد برنج می‌باشد و به‌طورکلی روش کشت نشایی باعث تأخیر در نمو فنولوژیک گیاه برنج می‌شود. به‌دلیل استفاده از نشاءهای جوان و تراکم کاشت مطلوب، تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی در نظام کاشت فشرده در مقایسه با نظام کاشت رایج معادل ۴ روز کم‌تر بود و گیاه زودتر وارد این مرحله رشد شد (*کریشنا* و همکاران، 2008). نتایج مشابهی توسط *ویجی‌کومار* و همکاران (2006b) گزارش شد که نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند. همچنین در این روش استفاده از کود آلی باعث شد تا گیاه برنج سریع‌تر وارد مراحل گل‌دهی و رسیدگی گردد (*چاپاگین*[1] و همکاران، 2011). تأخیر در گل‌دهی و خوشه‌دهی در اثر نشاءکاری و تغییرپذیری آن به‌عنوان تابعی از سن گیاهچه در زمان نشاءکاری، پدیده شوک نشاءکاری نام دارد. میزان اثرگذاری شوک نشاءکاری ممکن است بسته به خصوصیات گیاهچه و شرایط آب و هوایی قبل و بعد از نشاءکاری متفاوت باشد (*کوترا*[2] و همکاران، 2004).

تعداد روز از ابتدای نشاءکاری تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک

اصولاً گیاهان دانه‌ای را به‌منظور جلوگیری از اتلاف عملکرد باید در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت کرد. رسیدگی فیزیولوژیک به مفهوم دوره‌ای از چرخه زندگی گیاه است که در آن مرحله، نمو و رشد کامل شده و گیاه می‌رسد. این صفت از نظر آماری تنها تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). در نظام کاشت رایج به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره رشد رویشی و همچنین تأخیر در شروع مراحل ۵۰ درصد گل‌دهی و خوشه‌دهی کامل گیاه برنج دیرتر وارد مرحله رسیدگی شد. تعداد روز تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برای دو نظام کاشت فشرده و بهبودیافته به‌دلیل استفاده از نشاءهای جوان، روند رشد گیاه یکنواخت‌تر شده و به‌همین دلیل زودتر دوره رشد رویشی و زایشی را تکمیل نموده و وارد مرحله رسیدگی شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین روز تا مرحله رسیدگی برای رقم ندا (۱۱۶/۵ روز) به‌دست آمد. کم‌ترین تعداد روز تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۱۰۴/۸ روز برای رقم طارم هاشمی مشاهده شد (جدول ۵). همبستگی مثبت و بسیار بالایی بین تعداد روز تا مراحل رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد روز تا مرحله ظهور خوشه آغازین و ۵۰ درصد گل‌دهی وجود دارد که نشان می‌دهد هرچه گیاه زودتر رشد رویشی را طی نماید و وارد رشد زایشی گردد، سریع‌تر می‌تواند چرخه زندگی را تکمیل نماید و به مرحله رسیدگی برسد (جدول ۸). در مطالعه‌ای گزارش شده است که بوته‌های حاصل از گیاهچه‌های جوان‌تر (۱۰ تا ۲۰ روزه) قادر هستند چرخه زندگی خود را ۵ تا ۹ روز سریع‌تر طی کرده و زودتر از گیاهچه‌های بالغ (۳۰ روزه) به مرحله رسیدگی برسند (*پاتل*[3]، 1999). تعداد روز تا مرحله رسیدگی در نظام کاشت فشرده در مقایسه با نظام رایج معادل ۵ روز کم‌تر بود و گیاه در این روش زودرس‌تر از نظام کاشت رایج بود (*کریشنا* و همکاران، 2008). نتایج مشابهی توسط *ویجی‌کومار* و همکاران (2006b) گزارش شد. *استایگر* (2009) گزارش کرد گیاهان رشدیافته در نظام کاشت فشرده یک تا دو هفته زودرس‌تر از گیاهان رشدیافته در نظام کاشت رایج بودند.

1. Chapagain
2. Kotera
3. Patel

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت (۱۳۹۰ و ۱۳۹۱)

Table 1: Selected soil properties for composite samples at experimental site (2011-2012)

خصوصیات خاک	Soil characteristics	واحد (Unit)	سال ۱۳۹۰ (2011)	سال ۱۳۹۱ (2012)
عمق خاک	Soil depth	cm	0-30	0-30
هدایت الکتریکی	EC	dS/m	0.63	0.68
اسیدیته	pH	-	7.81	7.52
ماده آلی	O.M.	%	1.58	1.61
نیتروژن	N	%	0.18	0.22
فسفر قابل جذب	P	ppm	12	11.42
پتاسیم قابل جذب	K	ppm	220	216
شن	Sand	%	24	24
سیلت	Silt	%	24	24
رس	Clay	%	49	49
بافت خاک	Soil texture	-	لومی رسی (Clay-loam)	لومی رسی (Clay-loam)

جدول ۲: آمار هواشناسی در طول دوره رشد برنج در منطقه (۱۳۹۰ و ۱۳۹۱)

Table 2: Meteorological data during growth periodstages in experiment site (2011-2012)

ماه	Month	دمای کمینه Min. Temp. (°C)		دمای بیشینه Max. Temp. (°C)		تبخیر ماهانه Evaporation (mm)		میزان بارندگی Precipitation (mm)	
		2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
فروردین	March-April	9.2	9.2	19.6	20.5	102	110.3	6.3	12.4
اردیبهشت	April-May	14.2	15.8	22.7	27	96.4	118.5	25.4	10.6
خرداد	May-June	20.2	19.8	29.5	30.6	174.6	222.5	12.7	14.1
تیر	June-July	23.5	22.2	32.1	30	207.8	214.1	12.9	16.8
مرداد	July-August	24.4	23.1	34	34.1	213.7	204.6	9.2	6.2
شهریور	August-September	20.1	21.1	28.6	29.9	119.7	135.7	9.2	10.3

جدول ۳: تجزیه کود دامی مورد استفاده در نظام کاشت فشرده

Table 3: Analysis of farmyard manure use in SRI

نسبت کربن به نیتروژن (C:N)	پتاسیم (درصد) K (%)	فسفر (درصد) P (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	کربن آلی (درصد) O.C. (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	اسیدیته pH
12.03	1.61	1.67	2.24	27.42	1.29	7.42
مولیبدن (پی‌پی‌ام) Mo (ppm)	منگنز (پی‌پی‌ام) Mn (ppm)	مس (پی‌پی‌ام) Cu (ppm)	روی (پی‌پی‌ام) Zn (ppm)	گوگرد (درصد) S (%)	منیزیم (درصد) Mg (%)	کلسیم (درصد) Ca (%)
11.12	232.66	216.88	241.47	3.64	0.36	0.24

طول ساقه

این صفت از نظر آماری تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح احتمال یک درصد و در اثر متقابل دوگانه نظام آن‌ها نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در اثر متقابل دوگانه نظام کاشت و رقم مشاهده شد که بیش‌ترین طول ساقه (۱۳۸/۲ سانتی‌متر) در اثر متقابل نظام کاشت رایج و رقم سنگ طارم و کم‌ترین طول ساقه برای اثرمتقابل هر نظام‌های کاشت فشرده، بهبودیافته و رایج و رقم شیرودی (به‌ترتیب برابر ۷۳/۵۴، ۷۴/۱۶ و ۷۴/۷۲ سانتی‌متر) به‌دست آمد (شکل ۴). دیگر محققان افزایش ارتفاع گیاه و طول ساقه را در نظام کاشت فشرده گزارش کردند (*ناکور* و همکاران، 2011؛ *حامید* و همکاران، 2011a, b؛ *آناس*[1] و همکاران، 2011). این تفاوت‌ها ممکن است به‌دلیل شرایط رشد بهتر و تراکم و آرایش کاشت مطلوب گیاه در نظام کاشت فشرده نسبت به نظام کاشت رایج باشد. چون بر خلاف سایر گیاهان زراعی که برای جذب نور رقابت می‌کنند، رقابت اصلی در گیاه برنج بر سر جذب مواد غذایی از خاک می‌باشد و با افزایش تراکم کاشت در نظام کاشت فشرده رقابت گیاه برای جذب مواد غذایی افزایش یافته و طول میانگره کاهش یافت. *اسلام*[2] و همکاران (2007)

1. Anas
2. Islam

حداکثر اختلاف ارتفاع بین ۱۶ ژنوتیپ برنج را ۳۰ درصد گزارش کردند که از ۱۰۰ تا ۱۳۶ سانتی‌متر متغیر بود که بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه ارتباطی وجود نداشت.

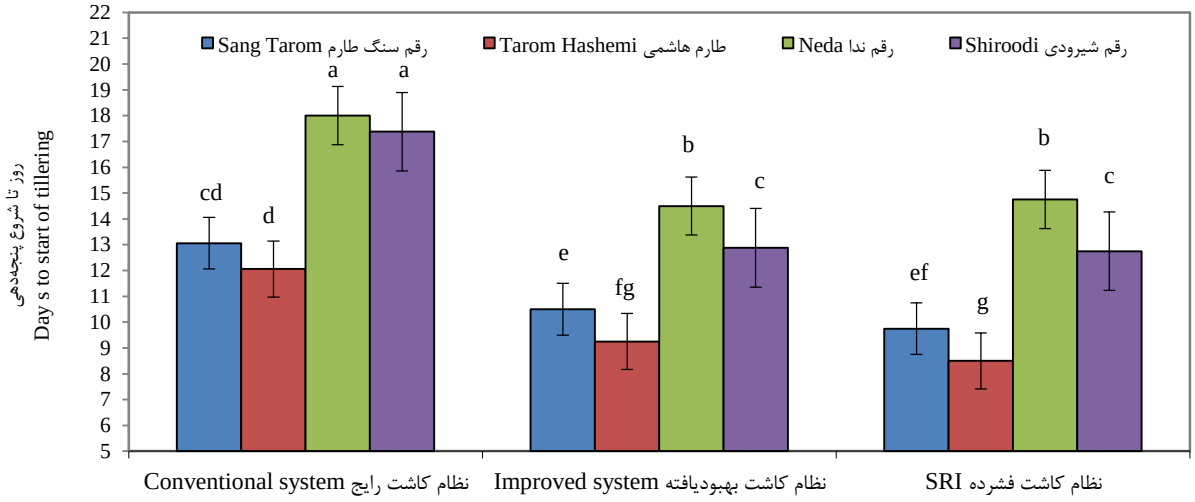
عملکرد شلتوک

تشکیل پوشش گیاهی که عملکرد بالایی داشته باشد به کنترل اجزایی که در نمو و رشد گیاه دخالت دارند، بستگی دارد. عملکرد شلتوک از نظر آماری تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح یک درصد و تحت اثر متقابل دوگانه آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). حداکثر عملکرد شلتوک در نظام کاشت فشرده (۶۴۱۲ کیلوگرم در هکتار) تولید شد (جدول ۵)، که دلیل اصلی آن را می‌توان به آرایش کاشت مربعی ۲۰×۲۰ سانتی‌متر که باعث بهره‌برداری بهینه گیاه از قدرت جوانی گردید و با دادن فضای مناسب برای رشد به سرعت نمو بیش‌تر گیاه در مراحل رشد پایه در این نظام کاشت منجر شد. بر خلاف نظام کاشت رایج که نشاءکاری به‌طور تصادفی و به فواصل نامعین انجام شد در نظام کاشت فشرده به‌دلیل نشاءکاری با آرایش کاشت هم‌فاصله به‌صورت مربعی باعث شد تا همه بوته‌های برنج بتواند به‌طور یکسان از انرژی خورشیدی استفاده کنند. افزایش عملکرد شلتوک در نظام کاشت فشرده به‌دلیل ایجاد تراکم مطلوب گیاهی و ایجاد شرایط هوازی در خاک بوده است. از طرفی دیگر، آبیاری تناوبی در این روش برای تأمین اکسیژن کافی و افزایش جذب مواد غذایی و تقویت ریزجانداران مفید خاک و ایجاد شبکه ریشه‌ای قوی سودمند بوده است. همچنین، مصرف کود نیتروژن به‌صورت سرک در مرحله ظهور خوشه آغازین و استفاده از کود دامی به‌علّت در اختیار گذاشتن تدریجی و مداوم عناصر غذایی خصوصاً در طول دوره پرشدن دانه همراه با افزایش حجم ریشه و جذب بیش‌تر مواد غذایی خاک در اثر آبیاری تناوبی باعث افزایش عملکرد شلتوک شد.

حداقل عملکرد شلتوک معادل ۵۶۹۲ کیلوگرم در هکتار به‌علّت آرایش کاشت تصادفی و با تعداد نشای زیاد و افزایش رقابت درون‌بوته‌ای برای نظام کاشت رایج حاصل شد. بنابراین با توجه با نتایج مشاهده می‌شود که عملکرد شلتوک در نظام کاشت فشرده در مقایسه با نظام بهبودیافته و رایج به‌میزان ۵/۴۴ و ۱۲/۶۵ درصد بیش‌تر بود (جدول ۵). بیش‌ترین عملکرد شلتوک معادل ۷۳۱۵ کیلوگرم در هکتار برای رقم پاکوتاه و پرمحصول شیرودی مشاهده شد. زیرا این رقم از نظر فیزیولوژیک پاکوتاه بوده و فاصله اندک بین منبع و مخزن موجب شد بخش اعظم مواد فتوسنتزی به دانه انتقال یابد. چون ویژگی پاکوتاهی این ارقام موجب کاهش رقابت بین اندام‌های رویشی و زایشی برای مواد فتوسنتزی شد. به‌همین دلیل عملکرد شلتوک برای این دو رقم در مقایسه با دو رقم پابلند و کم‌محصول سنگ طارم (۵۰۱۹ کیلوگرم در هکتار) و طارم هاشمی (۴۶۴۱ کیلوگرم در هکتار) بیش‌تر بود. چون در ارقام پابلند سنگ طارم و طارم هاشمی، بخش اعظم انرژی و اندوخته غذایی گیاه که برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه نقش تعیین‌کننده‌ای دارد، صرف رشد رویشی شد (جدول ۵).

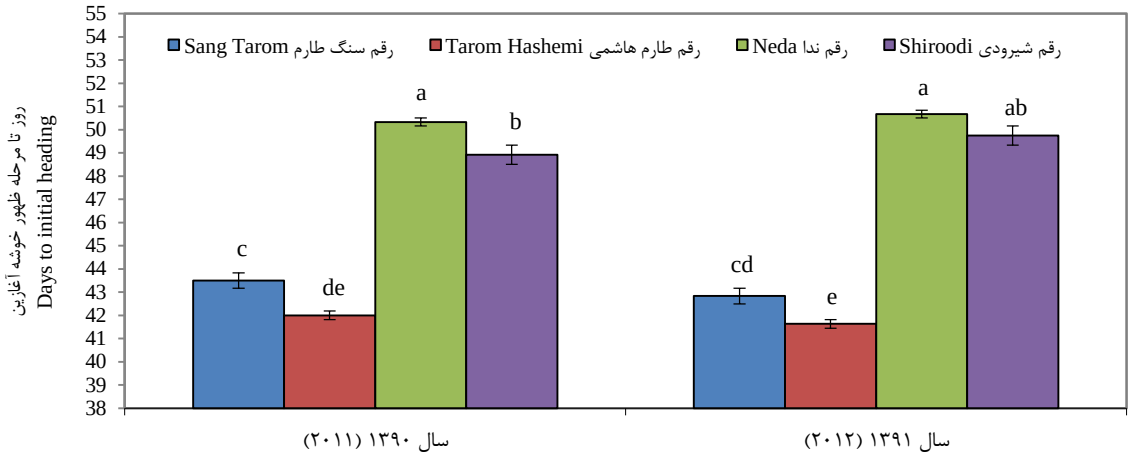
تحت اثر متقابل دوگانه نظام کاشت × رقم مشاهده شد که بالاترین مقدار عملکرد شلتوک به‌میزان ۷۷۷۰ کیلوگرم در هکتار برای اثر متقابل نظام کاشت فشرده و رقم ندا و پایین‌ترین میزان آن برابر ۴۲۷۷ کیلوگرم در هکتار در اثر متقابل نظام کاشت رایج و رقم طارم هاشمی تولید شد (شکل ۵). افزایش عملکرد شلتوک در نظام کاشت فشرده در مقایسه به شیوه کاشت مرسوم، عمدتاً به‌دلیل بهبود خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک و ویژگی‌های زراعی گیاه برنج و همچنین بهبود رشد و فعالیت ریشه‌ها در جذب آب و مواد غذایی می‌باشد که به تأخیر در پیری برگ و نرخ فتوسنتز بالاتر منجر می‌شود. همچنین تراکم مطلوب گیاهی و ایجاد شرایط هوازی در خاک از دیگر دلایل افزایش عملکرد در این روش می‌باشد (*حامید* و همکاران، 2011a؛ *تاکور* و همکاران، 2010a؛ *تاکور* و همکاران، 2011). *باریسون* و *آفوف*[1] (2011) گزارش کرد استفاده از کمپوست و منابع کودهای آلی به‌علّت در اختیار گذاشتن تدریجی و مداوم عناصر غذایی خصوصاً در طول دوره پرشدن دانه همراه با افزایش حجم ریشه و جذب بیش‌تر مواد غذایی خاک در اثر آبیاری تناوبی باعث افزایش تعداد خوشه در مترمربع، تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و عملکرد شلتوک شد. همچنین دیگر محققان افزایش عملکرد شلتوک در نظام کاشت فشرده را به‌دلیل اثر افزایشی و توأم مدیریت آبیاری تناوبی، استفاده از نشاءهای جوان ۴-۳ برگی، کاشت یک نشاء در کپه با فواصل بیش‌تر و الگوی کشت مربعی و استفاده از کودهای آلی گزارش کردند (*آفوف*، 2006؛ *استوپ*[2]، 2005).

1. Barison and Uphoff
2. Stoop



شکل ۱: اثر متقابل نظام کاشت × رقم بر روز از مرحله نشاءکاری تا مرحله شروع پنجه‌زنی

Fig. 1: Interaction of planting system × cultivar on day's from transplanting to start of tillering



شکل ۲: اثر متقابل سال × رقم بر روز تا از مرحله نشاءکاری مرحله ظهور خوشه آغازین

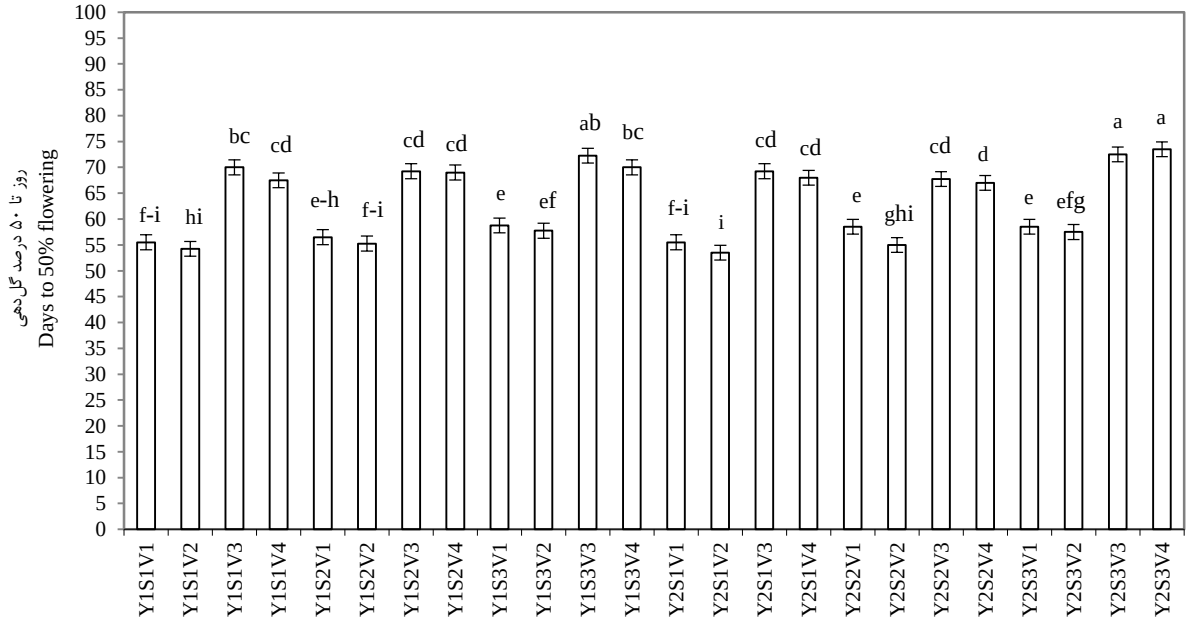
Fig. 2: Interaction of year × cultivar on day's from transplanting to initial of heading stage

نظام کاشت فشرده به‌دلیل افزایش حجم بیش‌تر ریشه، افزایش میزان کلروفیل برگ، افزایش فتوسنتز و تجمع ماده خشک، افزایش شاخص سطح برگ، افزایش کارآیی جذب و سوخت‌وساز عناصر غذایی، افزایش مقدار پروتئین محلول، افزایش مقدار و فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز و همچنین کاهش ضریب استهلاک نوری موجب افزایش عملکرد دانه برنج شد (*راندریامی‌هاریسون*[1]، 2002؛ *راندریامی‌هاریسوا*[2] و همکاران، 2006؛ *وانگ*[3] و همکاران، 2002؛ *زبو*[4] و همکاران، 2002).

عملکرد شلتوک با صفات تعداد روز تا ظهور خوشه آغازین، ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک دارای همبستگی مثبت بود که نشان می‌دهد افزایش طول دوره رشد، به‌ویژه افزایش طول دوره رشد زایشی موجب استفاده بهینه گیاه از شرایط محیطی و خاک شده و در نتیجه عملکرد شلتوک افزایش یافت (جدول ۸). *بلوچ*[5] و همکاران (2002) دریافتند که عملکرد دانه ضریب همبستگی مثبت و بالایی با تعداد خوشه در متر مربع داشت. *ردی و ردی*[6] (1992) بیان نمودند که شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و تعداد خوشه در مترمربع اثر مثبت بر عملکرد دانه دارند.

1. Randriamibarison
2. Randriamiharisoa
3. Wang
4. Zbu

5. Baloch
6. Reddy and Reddy



شکل ۳: اثر متقابل سه‌گانه سال × نظام کاشت × رقم بر روز از مرحله نشاءکاری تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی

Fig. 3: Triple interaction of year × planting system × cultivar on day's from transplanting to day's to 50% flowering

❋: Y_1 و Y_2: به‌ترتیب سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

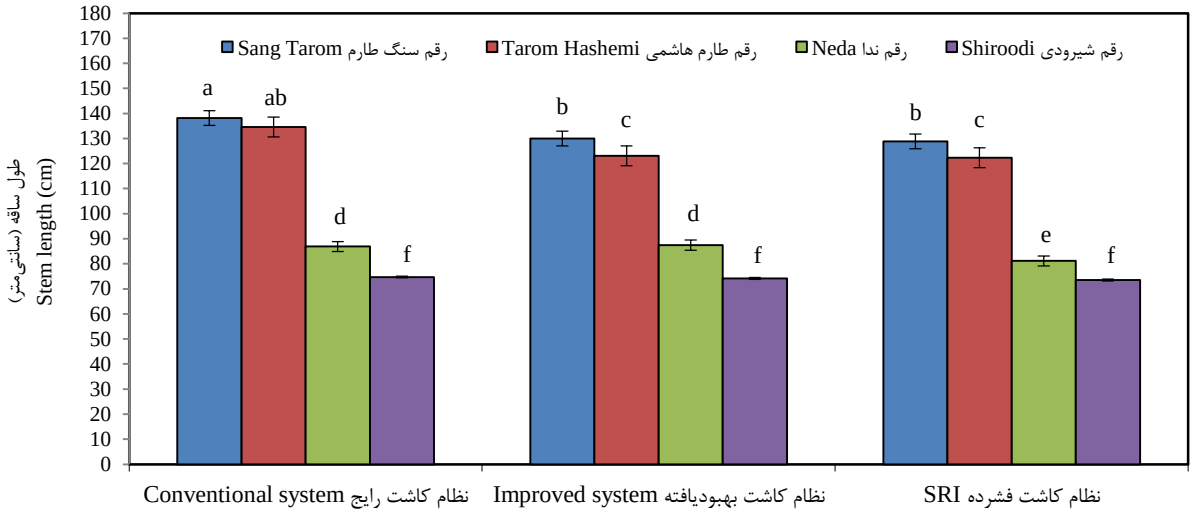
Y_1 and Y_2: 2011 and 2012 years, respectively

❋: S_1، S_2 و S_3: به‌ترتیب نظام‌های کاشت فشرده، بهبودیافته و رایج

S_1, S_2 and S_3: Improved planting system, SRI and Conventional planting system, respectively

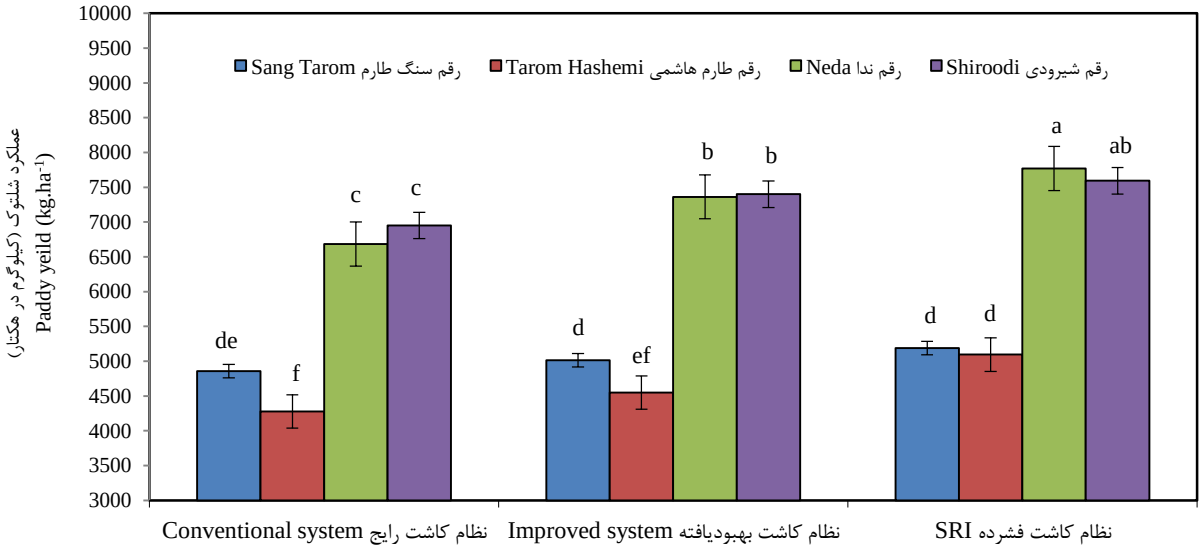
❋: V_1، V_2، V_3 و V_4: به‌ترتیب ارقام سنگ طارم، طارم هاشمی، ندا و شیرودی

V_1, V_2, V_3 and V_4: Sang Tarom, Tarom Hashemi, Neda and Shiroodi cultivars, respectively



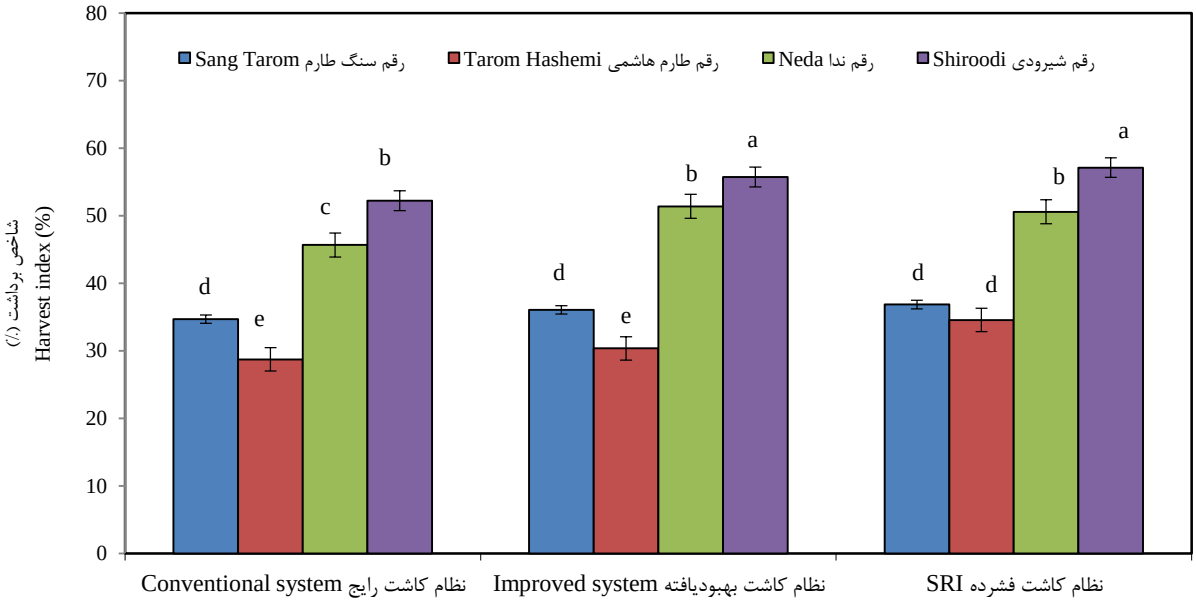
شکل۴: اثر متقابل نظام کاشت × رقم بر طول ساقه محصول اصلی

Fig. 4: Interaction of planting system × cultivar on stem length of main crop



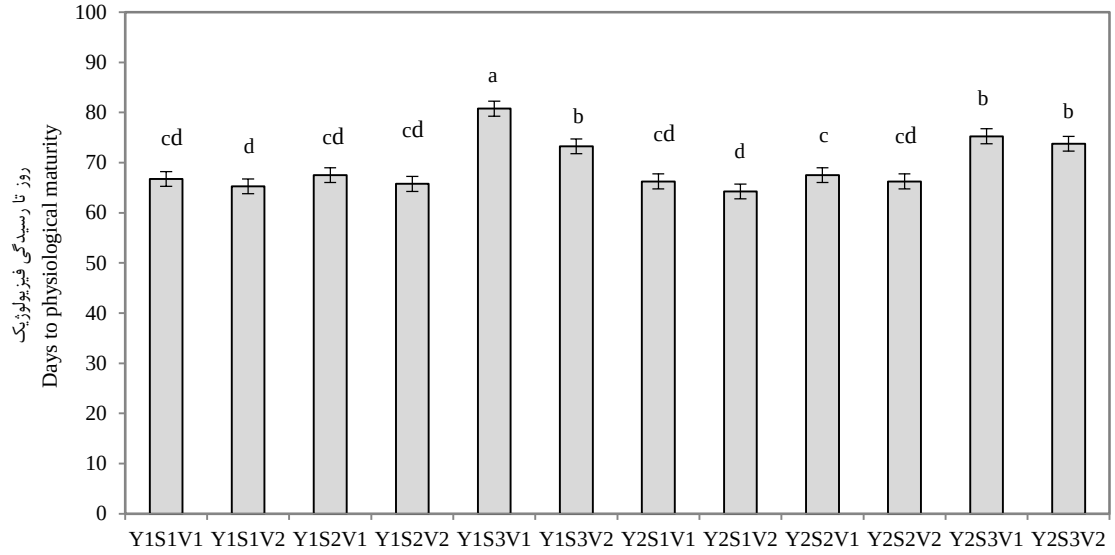
شکل۵: اثر متقابل نظام کاشت × رقم بر عملکرد شلتوک محصول اصلی

Fig. 5: Interaction of planting system × cultivar on paddy yield of main crop



شکل۶: اثر متقابل نظام کاشت × رقم بر شاخص برداشت محصول اصلی

Fig. 6: Interaction of planting system × cultivar on harvest index of main crop



شکل ۷: اثر متقابل سه‌گانه سال × نظام کاشت × رقم بر روز از مرحله نشاءکاری تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک محصول راتون

Fig. 7: Triple interaction of year × planting system × genotype on day's from transplanting to day's to physiological maturity of ratoon crop

❋: Y_1 و Y_2: به‌ترتیب سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

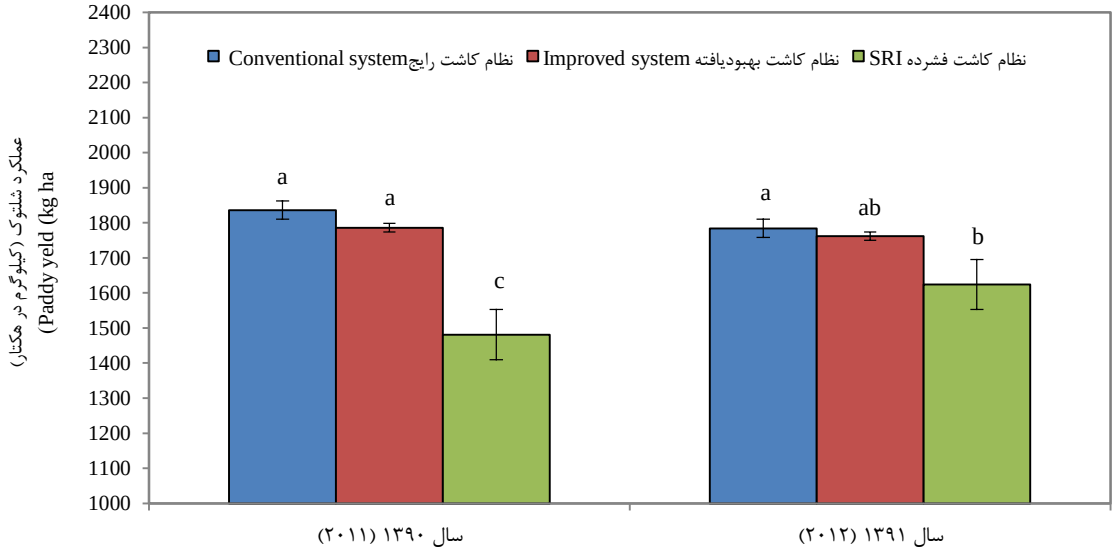
Y_1 and Y_2: 2011 and 2012 years, respectively

❋: S_1، S_2 و S_3: به‌ترتیب نظام‌های کاشت SRI، بهبودیافته و رایج

S_1, S_2 and S_3: Improved planting system, SRI and Conventional planting system, respectively

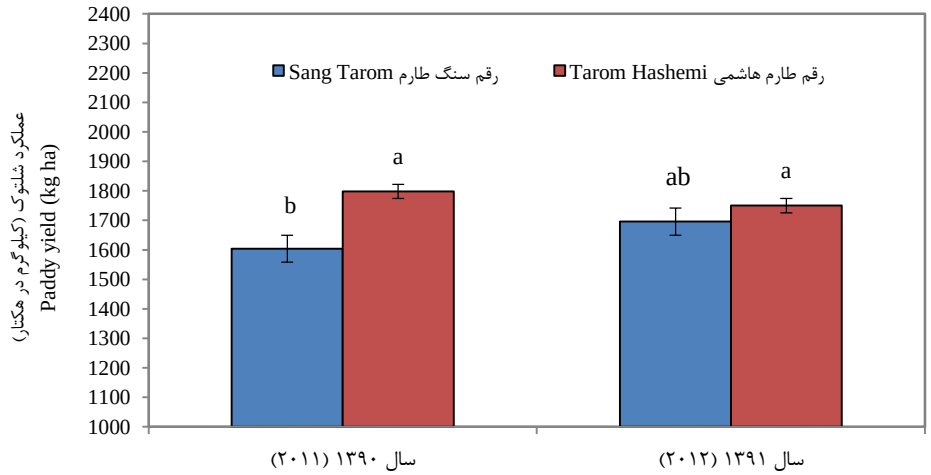
❋: V_1 و V_2: به‌ترتیب ارقام سنگ طارم و طارم هاشمی

V_1 and V_2: cv. Sang Tarom and cv. Tarom Hashemi, respectively



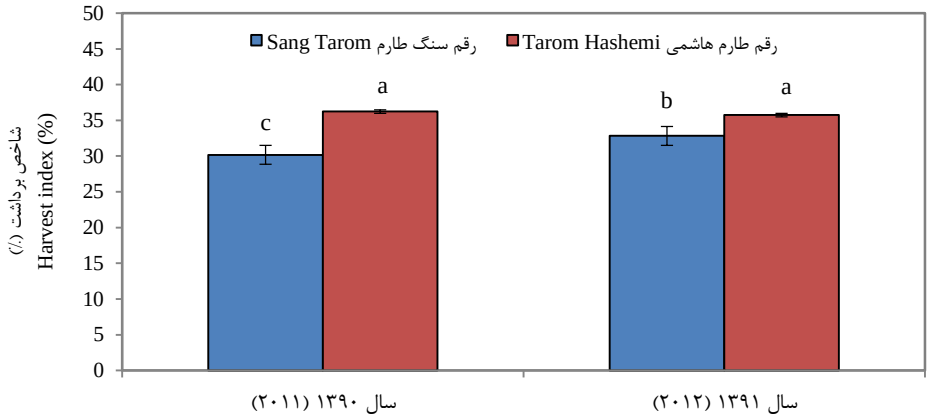
شکل ۸: اثر متقابل سال × نظام کاشت بر عملکرد شلتوک محصول راتون

Fig. 8: Interaction of year × planting system on paddy yield of ratoon crop



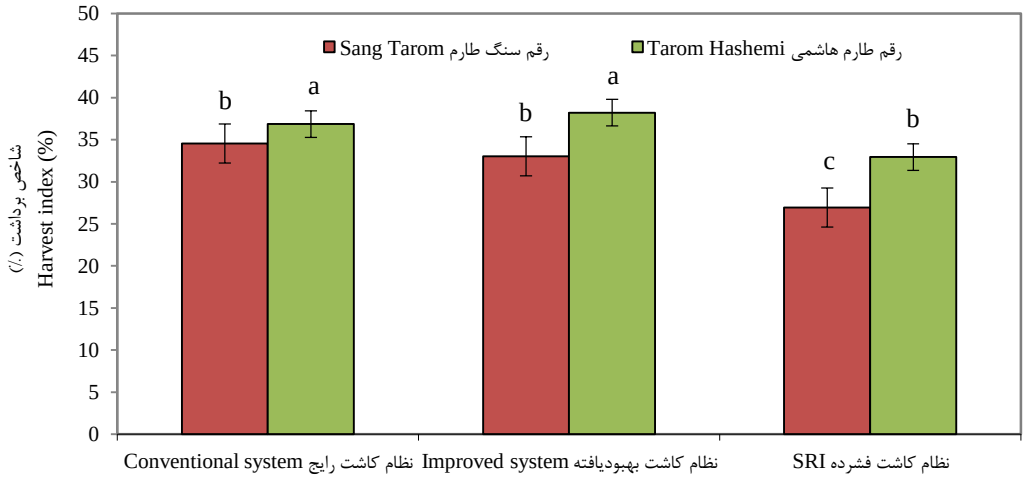
شکل ۹: اثر متقابل سال × رقم بر عملکرد شلتوک محصول راتون

Fig. 9: Interaction of year × cultivar on paddy yield of ratoon crop



شکل ۱۰: اثر متقابل سال × رقم بر شاخص برداشت محصول راتون

Fig. 10: Interaction of year × cultivar on harvest index of ratoon crop



شکل ۱۱: اثر متقابل نظام کاشت × رقم بر شاخص برداشت محصول راتون

Fig. 11: Interaction of × planting system × cultivar on harvest index of ratoon crop

شاخص برداشت

آن نسبت از عملکرد زیستی که عملکرد اقتصادی را تشکیل می‌دهد بنام ضریب برداشت یا ضریب کارآیی نامیده می‌شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۴). در واقع شاخص برداشت، ضریب توزیع اسیمیلات‌ها می‌باشد و نشان می‌دهد چه بخشی از اسیمیلات ساخته شده به مخزن مورد نظر انتقال یافت. این صفت از نظر آماری تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح یک درصد و اثر متقابل دوگانه آن‌ها در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۴). بیش‌ترین شاخص برداشت در اثر متقابل بین نظام کاشت فشرده و رقم شیرودی (۵۷/۱۲ درصد) و کم‌ترین شاخص برداشت برای اثر متقابل نظام کاشت رایج و رقم طارم هاشمی (۲۸/۷۴ درصد) به‌دست آمد (شکل ۶). شاخص برداشت با صفات فنولوژیک همبستگی مثبت و با طول ساقه همبستگی منفی نشان داد. همچنین بین شاخص برداشت و عملکرد شلتوک نیز همبستگی مثبت و بسیار بالایی مشاهده شده است (جدول ۸).

عملکرد گیاه را می‌توان از طریق افزایش کل ماده خشک تولیدی یا افزایش سهم عملکرد اقتصادی که همان ضریب برداشت می‌باشد افزایش داد. افزایش عملکرد در غلات دانه‌ریز عمدتاً به‌دلیل افزایش شاخص برداشت می‌باشد. به‌عبارت دیگر گیاه ماده خشک اضافی تولید نمی‌کند، بلکه قسمت زیادی از ماده خشک به عملکرد شلتوک اختصاص می‌یابد. در نظام کاشت فشرده گیاه دارای رشد بهتر ریشه و انتقال شیره پرورده بالاتر از طریق آوندها بود که موجب فراهم کردن محتوای کلروفیل بیش‌تر برای برگ‌های پایینی گیاه شده و افزایش فتوسنتز را موجب گردید. همچنین ارقام برنج به‌علّت ساختار تاج پوشش و شاخص سطح برگ مطلوب، بیش‌ترین میزان جذب نور را داشتند و در نتیجه در نظام کاشت فشرده موجب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت شده است (*چاپاگین* و همکاران، 2011؛ *آدوسومیلی* و *لاکسمی*[1]، 2011).

فنولوژی رشد راتون

تعداد روز تا مرحله ظهور خوشه آغازین

با توجه به جدول تجزیه واریانس مرکب، مشاهده شد که این صفت از نظر آماری تحت اثر ساده نظام کاشت در سطح پنج درصد و در اثر رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها نشان داد که تحت نظام کاشت رایج (۳۱/۹۴ روز) در مقایسه با دو نظام بهبودیافته (۲۹/۸۸ روز) و فشرده (۲۹/۱۳ روز) گیاه دیرتر به مرحله ظهور خوشه آغازین رسید که در دو نظام بهبودیافته و فشرده در یک سطح آماری قرار گرفتند. این صفت فنولوژیک برای رقم سنگ طارم (۳۱/۱۰ روز) بیش‌تر از رقم طارم هاشمی (۲۹/۵۲ روز) بود (جدول ۷).

تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک

این دو صفت برای اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. همچنین صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تحت اثر متقابل سه‌گانه سال × نظام کاشت × رقم در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۶). در نظام کاشت فشرده گیاه زودتر به مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی (۴۰/۵ روز) رسید. بیش‌ترین تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی ۴۳/۸ روز در نظام کاشت رایج به‌دست آمد. بیش‌ترین طول دوره رشد راتون (۷۵/۷ روز) برای نظام کاشت رایج و کم‌ترین طول دوره رشد برای نظام کاشت فشرده و (برابر ۶۵/۶۳ روز) به‌دست آمد. رقم طارم هاشمی زودتر از رقم سنگ طارم به مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک رسید (جدول ۷).

در اثر متقابل سه‌گانه بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدگی ۸۰/۷ روز برای سال اول در نظام کاشت رایج و رقم سنگ طارم و کم‌ترین مقدار آن (۶۵/۲۵ و ۶۴/۲۵ روز) برای اثر متقابل هر دو سال در نظام کاشت فشرده و رقم طارم هاشمی حاصل شد (شکل۷). به‌دلیل استفاده از نشاءهای جوان و تراکم کاشت مطلوب، تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی در نظام کاشت فشرده در مقایسه با نظام رایج ۴ روز کم‌تر بود و گیاه زودتر وارد این مرحله رشدی شد (*کریشنا* و همکاران، 2008). نتایج مشابهی توسط *ویجی‌کومار* و همکاران (2006b)گزارش شد که نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند.

طول ساقه

این صفت از نظر آماری تنها تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۶). طول ساقه در نظام کاشت رایج (۹۲/۲۲ سانتی‌متر) به‌نسبت ۱۶/۹۴ و ۱۶/۳۲ درصد بیش‌تر از نظام کاشت فشرده (۷۸/۸۶ سانتی‌متر) و بهبودیافته (۷۹/۲۸ سانتی‌متر) بود. طول ساقه رقم سنگ طارم به‌میزان ۹/۵۸ درصد بیش‌تر از رقم طارم هاشمی بود (جدول ۷). طول ساقه با مرحله ظهور خوشه آغازین، ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی دارای رابطه مستقیم و با عملکرد شلتوک دارای همبستگی منفی بود (جدول ۸).

1. Adusumilli and Laxmi

عملکرد شلتوک

با توجه به جدول تجزیه واریانس مرکب، عملکرد شلتوک تنها تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح یک درصد و همچنین اثر متقابل دوگانه سال × نظام کاشت و سال × رقم در سطح پنج درصد اختلاف آماری معنی‌داری را نشان داد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها نشان داد که عملکرد شلتوک در نظام کاشت رایج (۱۵۵۲ کیلوگرم در هکتار) به‌نسبت ۱۴/۲ و ۱۲/۵۱ درصد کم‌تر از دو نظام کاشت فشرده (۱۸۱۰ کیلوگرم در هکتار) و بهبودیافته (۱۷۷۴ کیلوگرم در هکتار) بود. دلیل اصلی آن طولانی شدن دوره رشد محصول اصلی گیاه برنج در این نظام کاشت بود که به تأخیر در اجرای تکنیک راتونینگ شده و استفاده از شرایط مناسب آب و هوایی برای محصول راتون در نظام کاشت رایج فراهم نگردید. عملکرد شلتوک رقم طارم هاشمی (۱۷۷۴ کیلوگرم در هکتار) به‌میزان ۷/۵۳ درصد بیش‌تر از رقم سنگ طارم (۱۶۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. دلیل آن تکمیل سریع‌تر طول دوره رشد این گیاه در کشت اصلی بوده که شرایط بهینه رشد برای محصول راتون فراهم شد (جدول ۷).

برای اثر متقابل دوگانه سال × نظام کاشت نیز بالاترین میزان عملکرد شلتوک در اثر متقابل سال اول و نظام کاشت فشرده (۱۸۳۶ کیلوگرم در هکتار) و اثر متقابل سال دوم و نظام کاشت فشرده (۱۷۸۴ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین میزان آن برابر ۱۴۸۱ کیلوگرم در هکتار برای اثر متقابل سال اول و نظام کاشت رایج تولید شد (شکل ۸). در اثر متقابل دوگانه سال × رقم نیز بالاترین میزان عملکرد شلتوک در اثر متقابل هر دو سال و رقم طارم هاشمی (۱۷۹۸ و ۱۷۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پایین‌ترین میزان آن (۱۶۰۴ کیلوگرم در هکتار) برای اثر متقابل سال اول و رقم سنگ طارم مشاهده شد (شکل ۹). تمامی اجزای عملکرد مانند تعداد پنجه در کپه، تعداد خوشه در کپه، باروری پنجه، طول خوشه و تعداد خوشه در مترمربع در روش کاشت فشرده بیش‌تر از نظام شاهد بود که در نتیجه موجب افزایش حدود ۶۶ درصد عملکرد دانه در نظام کاشت فشرده شد (*استایگر* و همکاران، 2011). افزایش عملکرد دانه در روش فشرده در مقایسه به شیوه مرسوم کاشت، عمدتاً به‌دلیل بهبود خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و ویژگی‌های زراعی گیاه برنج و همچنین بهبود رشد و فعالیت ریشه‌ها در جذب آب و مواد غذایی می‌باشد که به تأخیر در پیری برگ و نرخ فتوسنتز بالاتر منجر شد. همچنین تراکم مطلوب گیاهی و ایجاد شرایط هوازی در خاک نیز از دیگر عوامل افزایش عملکرد در این روش بود (*حامید* و همکاران، 2011a؛ *تاکور* و همکاران، 2010a؛ *تاکور* و همکاران، 2011).

شاخص برداشت

این صفت از نظر آماری تحت اثر ساده نظام کاشت و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سال در رقم و نظام کاشت در رقم در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۶). برای اثر متقابل دوگانه سال و رقم نیز حداکثر شاخص برداشت تحت اثر متقابل هر دو سال و رقم طارم هاشمی برابر ۳۶/۲۴ و ۳۵/۷۵ درصد و حداقل میزان آن (۳۰/۱۷ درصد) برای اثر متقابل سال اول و رقم سنگ طارم حاصل شد (شکل ۱۰). برای اثر متقابل دوگانه نظام کاشت و رقم نیز بالاترین شاخص برداشت در اثر متقابل دو نظام کاشت فشرده و بهبودیافته برای رقم طارم هاشمی (۳۶/۸۵ و ۳۸/۲۰ درصد) و پایین‌ترین میزان آن (۲۶/۹۵ درصد) تحت اثر متقابل نظام کاشت رایج و رقم سنگ طارم نتیجه شد (شکل ۱۱). افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد، به افزایش ۴۸ درصد عملکرد دانه در نظام کاشت فشرده در مقایسه با شیوه مرسوم کاشت منجر شد که به‌دلیل افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز در این روش بالاتر بود (*تاکور* و همکاران، 2011).

نتیجه‌گیری

انتقال نشاء جوان ۴-۳ برگی با آرایش کاشت مربعی ۲۰×۲۰ سانتی‌متر، شیوه مطلوب برای بهره‌برداری از قدرت جوانی گیاه و دادن فضای مناسب برای رشد در نظام کاشت فشرده بوده که باعث کاهش طول دوره رشد شد. تأخیر در گل‌دهی در اثر نشاءکاری و تغییرپذیری آن، به‌عنوان تابعی از سن گیاهچه در زمان نشاءکاری است. استفاده از نشاءهای مسن و بالغ، به‌صورت دسته‌ای و با تعداد زیاد نشا در کپه نیز باعث افزایش مصرف بذر و کاهش پتانسیل رشد اندام هوایی و ریشه در اثر افزایش رقابت درون بوته‌ای شد که در نهایت به کاهش عملکرد در نظام کاشت رایج گردید. همچنین در نظام کاشت فشرده به‌دلیل ایجاد تراکم مناسب و آرایش کاشت مربعی ۲۰×۲۰ سانتی‌متر، حداکثر استفاده از نور توسط برگ‌های گیاه صورت گرفت. به‌دلیل استفاده از کود دامی نیز به‌خاطر در اختیار گذاشتن تدریجی و مداوم عناصر غذایی؛ شرایط تغذیه‌ای مناسب همراه با افزایش حجم ریشه خصوصاً در طول دوره پرشدن دانه برای گیاه فراهم شد. همچنین در نظام کاشت فشرده جذب بیش‌تر عناصر خاک در اثر آبیاری تناوبی باعث افزایش عملکرد شلتوک شد.

جدول ۴: میانگین مربعات صفات فنولوژیک محصول اصلی ژنوتیپ‌های برنج در نظام‌های مختلف کاشت

Table 4: Mean square of phenological traits of main crop of rice genotype in different planting systems

منابع تغییرات	S.O.V.	درجه آزادی df	روز تا شروع پنجه‌دهی Days to start of tillering	روز تا ظهور خوشه آغازین Days to initial heading	روز تا ۵۰٪ گلدهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	طول ساقه Stem length	عملکرد شلتوک Paddy yield	شاخص برداشت Harvest index
سال (Y)	Year	1	0.26	0.02	0.04	0.67	0.63	124344.01	1.06
R × Y		6	1.02	2.40	5.65	3.25	22	421824.91	6.12
نظام کاشت System(S)		2	132.78**	104.87**	105.95**	148.76**	427.22**	4154555.47**	166.94**
Y × S		2	0.20	0.02	3.64	3.20	1.43	124344.01	7.78
خطا	Error	12	0.72	1.47	4.15	3.35	57.39	205480.64	8.54
رقم (C)	Cultivar	3	176.98**	457.07**	1428.46**	918.92**	20492.70**	4913723.76**	2985.91**
Y × C		3	0.14	2.33*	2.79	0.75	1.05	45517.62	4.57
S × C		6	1.87*	1.56	5.07	2.80	86.69*	246005.47*	14.48*
Y × S × C		6	0.12	0.69	5.43*	2.57	1.13	45517.62	3.27
خطا	Error	54	0.69	1.19	2.56	2.33	31.82	109706.97	5.84
ضریب تغییرات (٪).C.V		-	6.49	2.36	2.54	1.38	5.39	5.46	5.64

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

** and * significant in 1% and 5% level, respectively

جدول ۵: مقایسه میانگین صفات فنولوژیک محصول اصلی ژنوتیپ‌های برنج در نظام‌های مختلف کاشت

Table 5:Mean comparison of phenological traits of main crop of rice genotype in different planting systems

تیمار Treatment		روز تا ظهور خوشه آغازین Days to initial heading	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	روزتا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	عملکرد شلتوک Paddy yield (kg ha)
نظام کاشت	Planting system				
فشرده	SRI	44.97b	61.69b	109.40b	6412a
بهبودیافته	Improved	45.36b	62.28b	109.40b	6081b
رایج	Conventional	48.28a	65.09a	113.20a	5692c
رقم	Cultivar				
سنگ طارم	Sang Tarom	43.17c	57.21c	105.09c	5019b
طارم هاشمی	Tarom Hashemi	41.81d	55.54d	104.80d	4641c
ندا	Neda	50.50a	70.17a	116.50a	7272a
شیرودی	Shiroodi	49.23b	69.17b	115.50b	7315a

*: حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد

*: Values within a column followed by same letter are not significantly different at Duncan ($P \leq 0.05$)

جدول ۶: میانگین مربعات صفات فنولوژیک راتون دو رقم برنج در نظام‌های کاشت

Table 6: Mean square of phenological traits of ratoon crop of two rice cultivar in different planting systems

منابع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	روز تا ظهور خوشه آغازین Days to initial heading	روز تا ۵۰٪ گلدهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	طول ساقه Stem length	عملکرد شلتوک Paddy yield	شاخص برداشت Harvest index
سال (Y)	Year	1	17.52	2.08	3.00	6.24	5764.08	14.14
R × Y		6	9.70	7.47	25.88	2.09	8960.69	6.22
نظام کاشت (S)	System	2	33.94*	45.77**	464.25**	922.98**	311308.01**	173.61**
Y × S		2	17.52	1.02	18.25	0.55	44447.58*	8.43
خطا	Error	12	9.47	12.95	7.42	34.49	16396.19	5.17
رقم (C)	Cultivar	1	30.08**	90.75**	85.33**	621.36**	185008.33**	242.69**
Y × C		1	2.08	14.08	10.08	0.06	57685.33*	29.97*
S × C		2	1.33	15.25	10.08	24.95	18389.52	14.77*
Y × S × C		2	2.08	14.08	13.08*	0.28	18931.08	10.33
خطا	Error	18	1.28	6.14	4.85	15.34	14711.83	4.68
ضریب تغییرات (٪).C.V		-	5.07	5.91	3.16	4.69	7.09	6.41

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

** and * significant in 1% and 5% level, respectively

جدول ۷: مقایسه میانگین صفات فنولوژیک راتون دو رقم برنج در نظام‌های کاشت

Table 7: Mean comparison of phenological traits of ratoon crop of two rice cultivar in different planting systems

عملکرد شلتوک Paddy yield (kg.ha^{-1})	طول ساقه Stem length (cm)	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	روز تا ۵۰٪ گلدهی Days to 50% flowering	روز تا ظهور خوشه آغازین Days to initial heading	تیمار Treatment	
					Planting system	نظام کاشت
1810a	78.86b	65.63b	40.50b	29.13b	SRI	فشرده
1774a	79.28b	67.50b	41.56ab	29.88ab	Improved	بهبودیافته
1552b	92.22a	75.75a	43.81a	31.94a	Conventional	رایج
					Cultivar	رقم
1650b	87.05a	70.96a	43.33a	31.10a	Sang Tarom	سنگ طارم
1774a	79.85b	68.29a	40.58b	29.52b	Tarom Hashemi	طارم هاشمی

*: حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد

*: Values within a column followed by same letter are not significantly different at Duncan ($P \leq 0.05$)

جدول ۸: ضرایب همبستگی بین صفات فنولوژیک و عملکرد شلتوک

Table 8: Correlation between phenological traits and paddy yield

6	5	4	3	2	1	Correlation	همبستگی
					1	Days to initial heading	۱) روز تا ظهور خوشه
				1	0.98**	Days to 50% flowering	۲) روز تا ۵۰٪ گل‌دهی
			1	0.99**	0.99**	Days to physiological maturity	۳) روز تا رسیدگی
		1	0.77**	0.79**	0.77**	Stem length	۴) طول ساقه
	1	-0.95**	0.66*	0.64*	0.67*	Paddy yield	۵) عملکرد شلتوک
1	0.98**	-0.96**	0.62*	0.63*	0.63*	Harvest index	۶) شاخص برداشت

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

** and * significant in 1% and 5% level, respectively

منابع

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ح. ۱۳۸۴. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

امیری لاریجانی، ب.، طهماسبی سروستانی، ز.، نعمت‌زاده، ق.، امیری، ا. و اصفهانی، م. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی مراحل فنولوژیک و طول دوره رشد سه رقم برنج در سنین مختلف گیاهچه با استفاده از مدل ORYZA2000. مجله علوم گیاهان زراعی. ۱۳(۳): ۴۶۶-۴۸۰.

Adusumilli, R. and Laxmi, S. B. 2011. Potential of the system of rice intensification for systemic improvement in rice production and water use: the case of Andhra Pradesh, India. Paddy and Water Environment, 9: 89-97.

Amiri Larijani, B. 2009. The System of Rice Intensification (SRI) in Islamic Republic of Iran in 2008. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Haraz Extension and Technology Development Center, Amol, Mazandaran, Iran. 7 p.http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/iran/index.html

Amiri Larijani, B. 2008. Report on System of Rice Intensification in Iran, 2007. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Haraz Extension and Technology Development Center, Amol, Mazandaran, Iran. 4 p. http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/iran/index.html

Anas, I., Rupela, O. P., Thiyagarajan, T. M. and Uphoff, N. 2011. A review of studies on SRI effects on beneficial organisms in rice soil rhizospheres. Paddy and Water Environment, 9 (1): 53-64.

Baloch, A. W., Soomro, A. M., Javed, M. A., Ahmed, M., Bughio, H. R., Bughio, M. S. and Mastoi, N. N. 2002. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa*). Asian Journal of Plant Sciences, 1 (1): 25-27.

Barison, J. and Uphoff, N. 2011. Rice yield and its relation to root growth and nutrient-use efficiency under SRI and conventional cultivation: an evaluation in Madagascar. Paddy and Water Environment, 9 (1): 65-78.

Chapagain, T., Riseman, A. and Yamaji, E. 2011. Achieving more with less water: Alternate wet and dry irrigation (AWDI) as an alternative to the conventional water management practices in rice farming.Journal of Agricultural Science, 3 (3): 3-13.

Farooq, M., Kobayashi, N., Wahid, A., Ito, O. and Basra, S. M. A. 2009. Strategies for producing more rice with less water. Advances in Agronomy, 101: 351-388.

Gonzalez, F. G., Slafer, G. A. and Miralles, D. J. 2002. Verbalization and photoperiod response in wheat pre-flowering reproductive phases. Field Crops Research, 74: 183-195.

Hameed, K. A., Mosa, A. K. J. and Jabe, F. A. 2011a. Irrigation water reduction using System of Rice Intensification compared with conventional cultivation methods in Iraq. Paddy and Water Environment, 9: 121-127.

Hameed, K. A., Jaber, F. A., Hadi, A. Y., Elewi, J. A. and Uphoff, N. 2011b. Application of System of Rice Intensification (SRI) methods on productivity of Jasmine rice variety in southern Iraq. Jordan Journal of Agricultural Sciences, 7 (3): 474-481.

Islam, M. S., Peng, S., Visperas, R., Ereful, N., Bhuiya, M. S. U. and Julfiquar, A. W. 2007. Lodging-related morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. Field Crops Research, 101: 240-248.

Itoh, J. I., Nonomura, K. I., Ikeda, K., Yamaki, Sh., Inukai, Y., Yamagishi, H., Kitano, H. and Nagato,Y. 2005. Rice Plant Development: from Zygote to Spikelet. Plant and Cell Physiology, 46 (1): 23-47.

Khanal, R. R. 2005. Phyllochron and leaf development in field grown rice genotypes under varying thermal environments of a high altitude cropping system. M.Sc. Thesis. University of Zu Bonn, Germany, 53 p.

Kotera, A., Nawata, E., Chuong, P., Giao, N. N. and Sakuratani, T. 2004. A model for phonological development of Vietnamese rice influenced by transplanting shock. Plant Production Science, 7: 62-69.

Krishna, A., Biradarpatil, N. K., Manjappa, K. and Channappagoudar, B. B. 2008. Evaluation of system of rice intensification cultivation, seedling age and spacing on seed yield and quality in Samba Masuhri (BPT-5204) rice.Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 21: 20-25.

Patel, J. R. 1999. Response of rice (*Oryza sativa*) to time of transplanting, spacing and age of seedlings. Indian Journal of Agronomy, 44: 344-346.

Randriamibarison, R. P. 2002. Research results on biological nitrogen fixation with System of Rice Intensification (SRI). Proceedings of an International Conference on the System of Rice Intensification (SRI) held in Sanya, China.

Randriamiharisoa, R., Barison, J. and Uphoff, N. 2006. Soil biological contributions to the system of rice intensification. Biological Approaches to Sustainable Soil Systems, 113: 409-424.

Reddy, K. S. and Reddy, B. B. 1992. Effect of transplanting time, plant density and seedling age of growth and yield of rice (*Oryza sativa*). Indian Journal of Agronomy, 37 (1): 18-24.

Sasaki, R. 2004. Characteristic and seedling establishment of rice nursling seedling. Journal of Agriculture Research (Japan), 38 (1): 7-13.

Sharif, A. 2011. Technical adaptations for mechanized SRI production to achieve water saving and increased profitability in Punjab, Pakistan. Paddy and Water Environment, 9: 111-119.

Stoop, W. A. 2005. The System of Rice Intensification (SRI). Results from exploratory field research in livery coast research needs and prospects for adaptation to diver's production systems of resource-poor farmers. West African Rice Development Association (WARDA).

Streck, N. A., Weiss, A., Xue, Q. and Baenziger, P. S. 2003. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. Agricultural and Forest Meteorology, 115: 139-150.

Styger, E. 2009. System of Rice Intensification (SRI), Community based evaluation in Goundam and Dire Circles, Timbuktu. Mali, 2008/2009.

Styger, E., Aboubacrine, G., Attaher, M. A. and Uphoff, N. 2011. The system of rice intensification as a sustainable agricultural innovation: introducing, adapting and scaling up a system of rice intensification practices in the Timbuktu region of Mali. International Journal of Agricultural Sustainability, 9 (1): 67-75.

Thakur, A. K., Uphoff, N. and Antony, E. 2010a. An assessment of physiological effects of system of rice intensification (SRI) practices compared to recommend rice cultivated practices in India. In: Experimental Agriculture, 46: 77-98.

Thakur, A. K., Rath, S., Roychowdhury, S. and Uphoff, N. 2010b. Comparative performance of rice with system of rice intensification (SRI) and conventional management using different plant spacing. Journal of Agronomy and Crop Science, 196: 146-159.

Thakur, A. K., Rath, S., Patil, D. U. and Kumar, A. 2011. Effects on rice plant morphology and physiology of water and associated management practices of the system of rice intensification and their implications for crop performance. Paddy and Water Environment, 9: 13-24.

Thomas, V. and Ramzi, A. M. 2011. SRI contributions to rice production dealing with water management constraints in northeastern Afghanistan. Paddy and Water Environment, 9: 101-109.

Tuchman, M. 2012. Proc Document by Example Using SAS. SAS Institute Inc. SAS Campus Drive, Cary, North Carolina, USA, 27513: 312 p.

Uphoff, N. 2006. Increasing water saving while rising rice yields with the System of Rice Intensification (SRI). 2nd International Rice Congress, New Delhi, October 9-13, Panel on Water Productivity and Reuse, 33 p.

Uphoff, N. 2007. Agroecological alternatives: Capitalising on existing genetic potentials. Journal of Development Studies, 43: 218-236.

Veeramani, P., Durai Singh, R. and Subrahmaniyan, K. 2012. Study of phyllochron System of Rice Intensification (SRI) technique. Agricultural Science Research Journal, 2 (6): 329-334.

Vijayakumar, M., Ramesh, S., Chandrasekaran, B. and Thiyagarajan, T. M. 2006a. Effect of System of Rice Intensification (SRI) practices on yield attributes, yield and water productivity of rice (*Oryza Sativa*). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2 (6): 236-242.

Vijayakumar, M., Ramesh, S., Prabhakaran, N. K., Subbian, P. and Chandrasekaran, B. 2006b. Influence of system of rice intensification (SRI) practices on growth characters, days to flowering, growth analysis and labour productivity of rice. Asian Journal of Plant Sciences, 5: 984-989.

Wang, S., Cao, W., Jiang, D., Tai, D. B. and Zhu, Y. 2002. Physiological characteristics and high-yield techniques with SRI rice, in N. Uphoff *et al.*, (eds.), Assessments of the System of Rice Intensification, 116-124 (http://ciifad.cornell.edu/sri/proc1/sri-27.pdf).

Yin, X., Struik, P. C., Tang, J., Qi, Ch. and Liu, T. 2005. Model analysis of flowering phonology in recombinant inbred lines of barley. Journal of Experimental Botany, 56 (413): 959-965.

Zbu, D., Bibua, C. S., Yaping, Z. and Xiaqing, L. 2002. Tillering patterns and contribution of tillers to grain yield with Hybrid rice and wide spacing. Proceeding of an International Conference on the System of Rice Intensification (SRI) held in Sanya, China.

Zhao, L., Wu, L., Li, Y., Animesh, S., Zhu, D. and Uphoff, N. 2010. Comparisons of yield, water use efficiency, and soil microbial biomass as affected by the System of Rice Intensification. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41 (1): 1-12.

Investigation of Growth and Phenology of Main Crop and Ratoon of Rice Cultivars in Differents Cropping Systems

Dastan[1*], S., Noormohamadi[2], Gh., Madani[3], H., Ebrahimi[4], M. and Yasari[4], E.

Abstract

This experiment was carried out with aim of evaluation of phenological traits of main crop and ratoon of rice in cropping system, as split plot in randomized complete blocks design with four replications at Neka, Mazandaran, Iran in 2011 and 2012. Planting systems were chosen as main plots (Conventional, Improved and SRI or System of Rice Intensification) and rice cultivars as sub plots (Sang Tarom, Tarom Hashemi, Neda and Shiroodi). The results showed that in conventional system the growth stage was longer and delay to enter there productive phase led to reduction of paddy yeild of main crop and ratoon. In SRI,create optimal conditions for growth cause to increase yield. The most paddy yield of main crop was produced for Neda and Shiroodi cultivars. Paddy yield of ratoon for Tarom Hashemi cultivar was 7.53 % more than Sang Tarom cultivar. The maximum paddy yield of main crop was obtained at interaction of SRI and Neda cultivar. The most harvest index of main crop was achieved at interaction of SRI and Shiroodi cultivar. The highest harvest index of ratoon crop was observed at interaction of SRI and improved systems for Tarom Hashemi cultivar. Therfore, rice cultivars planting in SRI had the higher efficiencythan improved and conventional systems.

Keywords: Harvest index, Planting system, Rice

1. Postdoctoral Research Scholar, Department of Genetic Engineering and Biosafety, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj
2. Professor, Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Associated Professor, Department of Agronomy, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
4. Assistant Professor, Department of Agricultural Science, Payame Noor University, Tehran, Iran
* Corresponding author Email: dastan@abrii.ac.ir