



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۵
صفحه‌های ۶۷۱-۶۵۵

اثر زمان نشاکاری بر عملکرد شلتوک و صفات فیزیولوژیک در مرحله پر شدن دانه ارقام برنج

حاتم حاتمی^۱، غلامرضا محسن آبادی^۲، مسعود اصفهانی^{۳*}، بهمن امیری لاریجانی^۴ و علی اعلمی^۲

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت - ایران
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت - ایران
۳. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت - ایران
۴. استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۰۳

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۶/۱۶

چکیده

انتقال مجدد ماده خشک، سرعت و مدت پر شدن دانه نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد دانه برنج دارند و مستقیماً تحت تأثیر شرایط محیطی هستند. به منظور مطالعه واکنش ارقام به تغییرات محیطی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز، در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارها شامل ارقام برنج صمدی، طارم هاشمی، طارم محلی، شیرودی، کشوری و گوهر و زمان‌های نشاکاری (۱۵ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت و ۲۰ خرداد) بودند. نتایج نشان داد زمان‌های مختلف نشاکاری از نظر میزان انتقال مجدد ماده خشک، کارایی انتقال مجدد ماده خشک ساقه، سرعت پر شدن دانه و مدت پر شدن دانه و عملکرد شلتوک اختلاف معنی‌داری داشتند. زمان نشاکاری ۱۵ اردیبهشت به‌جز سرعت پر شدن دانه در بقیه صفات یاد شده از دو زمان دیگر برتر بود. طارم هاشمی دارای بالاترین و شیرودی دارای پایین‌ترین سرعت پر شدن دانه بودند. میزان انتقال مجدد ماده خشک و کارایی انتقال مجدد ماده خشک ساقه، دوره مؤثر پر شدن دانه و عملکرد شلتوک در شیرودی (۸۳۳۵ کیلوگرم) بالاتر از بقیه ارقام بود. سرعت پر شدن دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه بود. افزایش دوره مؤثر پر شدن دانه به همراه افزایش انتقال مجدد، نقش مؤثرتری در عملکرد دانه ارقام برنج داشت. افزایش دما در مرحله رشد رویشی با افزایش دمای جمععی، کاهش تعداد پنجه موثر را به همراه داشت و این امر باعث افزایش سرعت پر شدن دانه و کاهش مدت پر شدن دانه و محدودیت انتقال مجدد گردید و عملکرد شلتوک کاهش یافت.

کلیدواژه‌ها: انتقال مجدد ماده خشک، پنجه مؤثر، دمای جمععی، سرعت پر شدن دانه، مدت پر شدن دانه

۱. مقدمه

برنج به عنوان یک محصول اساسی از مهم‌ترین منابع غذایی اکثر مردم دنیا به‌ویژه کشورهای در حال توسعه است [۸]. برنج عمده‌ترین منبع غذایی و تأمین انرژی روزانه موردنیاز حدود ۲/۴ میلیارد نفر از جمعیت جهان است [۱۷]. برنج در حال حاضر در مناطقی کشت می‌شود که دمایی در حد بهینه برای رشد و نمو آن دارند، بنابراین هر گونه افزایش در دمای میانگین و یا افزایش دما در دوره‌های کوتاه مدت در طول مراحل رشدی حساس، به‌ویژه مرحله پر شدن دانه، می‌تواند باعث کاهش عملکرد دانه گردد. تخمین زده می‌شود که تا قرن ۲۱ به علت تغییرات اقلیمی به‌ویژه افزایش دما عملکرد برنج به‌طور متوسط تا ۴۱ درصد کاهش یابد [۷]. تولید مواد فتوسنتزی جاری گیاه ممکن است به علت وقوع تنش‌هایی نظیر خشکی و گرما و در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای و جذب و تثبیت دی‌اکسیدکربن کاهش یابد. در چنین حالتی کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای به عنوان یک منبع مهم تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی مطرح می‌شود [۲۷]. عوامل زیادی بر روابط بین منبع و مخزن در طول دوره رشد گیاه تأثیر می‌گذارند که از آن جمله توان ژنوتیپ گیاهی، حاصلخیزی خاک، دمای هوا و مقدار بارندگی را می‌توان نام برد [۶].

با اعمال تاریخ‌های مختلف نشاکاری در ارقام برنج مشاهده شده است که انتقال مجدد ماده خشک از اندام‌های هوایی نقش مهمی را در انباشت ماده خشک در ارقام برنج دارا بوده و تیمارهای رقم و تاریخ کاشت اثر یکسانی بر میزان انتقال مجدد ماده خشک نداشتند [۱]. واکنش گیاه به تنش آب شبیه واکنش به افزایش دما است [۱۱]. پیوسته برگ‌ها در اثر تنش خشکی، باعث انتقال مجدد بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در لاین‌های مختلف برنج گردید [۱۴]. میزان انتقال مجدد ماده خشک ساقه به شدت تابع تاریخ

کاشت است و میزان انتقال مجدد ماده خشک ساقه در دمای بالای هوا برای جبران کاهش فتوسنتز کافی نیست. بنابراین، به لحاظ ژنتیکی دوره پر شدن طولانی‌تر در این شرایط ترجیح داده می‌شود [۲۱]. در آزمایشی ارتباط بین مدت پر شدن دانه و پیری برگ در شرایط دمایی بالا در یک رقم برنج مورد مطالعه قرار گرفت. در این آزمایش، برای تلاقی دوره پر شدن دانه با دماهای پایین، بهینه و بالا از تاریخ‌های کاشت مختلف استفاده شد. افزایش دما در طول دوره پر شدن دانه باعث کاهش مدت پر شدن دانه و افزایش سرعت پر شدن گردید. بررسی وزن خشک اندام‌های مختلف در طی دوره پر شدن دانه، نیز نشان داد که پیری خوشه‌ها سریع‌تر از پیری برگ پرچم اتفاق افتاد و این موضوع نقش مهمی در کوتاه‌تر شدن دوره پر شدن دانه داشت [۱۲]. برنج یک گیاه گرمادوست است که عمدتاً در آسیا تولید و مصرف می‌شود. این گیاه در ماه‌های تابستان با دریافت تابش کافی و دما رشد خوبی دارد، با این حال دمای بالا کیفیت و عملکرد دانه برنج را در مرحله پر شدن دانه کاهش می‌دهد [۲۵].

باتوجه به نقش انتقال مجدد ماده خشک و سرعت و مدت پر شدن دانه در عملکرد دانه و تأثیرپذیری این صفات از شرایط مختلف محیطی، هدف از انجام پژوهش حاضر ضمن مقایسه ارقام برنج از نظر صفات یاد شده، اثر زمان‌های نشاکاری بر این صفات و نیز نقش انتقال مجدد در تأمین ماده خشک دانه دو گروه برنج بومی و اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه آزمایشی مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز در شهر محمودآباد استان مازندران، در بهار سال ۱۳۹۲ انجام شد. این مرکز در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۰ دقیقه

اثر زمان نشاکاری بر عملکرد شلتوک و صفات فیزیولوژیک در مرحله پر شدن دانه ارقام برنج

۲۵×۲۰ سانتی متر در ارقام اصلاح شده نشاکاری شدند. فاصله نشاکاری، کوددهی و سایر عملیات داشت براساس توصیه‌های زراعی مؤسسه تحقیقات برنج کشور برای هر رقم اجرا شد. در هر کرت ردیف‌های اول و دوم کاشت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و اندازه‌گیری‌ها و نمونه برداری برای صفات موردنظر از قسمت‌های باقیمانده انجام شد. مراحل فنولوژیک گیاه برنج بر پایه دستور کار BBCH^۱ ثبت گردید. این دستور کار مراحل رشد گیاه را به ۱۰ مرحله اصلی تقسیم می‌کند و هر مرحله اصلی شامل مراحل فرعی رشد است [۱۸]. ویژگی‌های ارقام برنج مورد ارزیابی در جدول ۱ و مراحل اصلی رشد برنج براساس کدبندی BBCH^۱ در جدول ۲ ارائه شده است. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در فصل رشد و اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در زمان‌های نشاکاری و مراحل مختلف رشد گیاه برنج به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده‌اند.

و ۱۸ ثانیه قرار دارد. ارتفاع از سطح دریای آزاد ۵/۵ متر است. پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام بومی و اصلاح شده برنج در شش سطح (سه رقم بومی صمدی، طارم هاشمی و طارم محلی و سه رقم پرمحصول به نام‌های شیروودی، کشوری و گوهر) و زمان نشاکاری در سه سطح (۱۵ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت و ۲۰ خرداد) بودند. برای هر تیمار زمان نشاکاری، بذریابی در خزانه به صورت جداگانه انجام شد و در سن ۶-۵ برگی گیاهچه برنج، نشاکاری در زمان‌های موردنظر انجام گرفت. در زمان نشاکاری متوسط دمای هوا به ترتیب معادل ۱۸، ۲۰ و ۱۹ درجه سانتی‌گراد و دمای عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب ۲۲/۳، ۲۵/۲ و ۲۵/۴ درجه سانتی‌گراد بود که از ایستگاه هواشناسی محل اجرای آزمایش دریافت گردید. اندازه کرت‌های آزمایشی ۴×۳ متر در نظر گرفته شده و گیاهچه‌های برنج در آن به صورت تک نشاء به فاصله ۲۰×۲۰ در ارقام بومی و به فاصله

جدول ۱. ویژگی‌های ارقام برنج مورد ارزیابی

(منبع: مؤسسه تحقیقات برنج کشور)

رقم	ارتفاع بوته (cm)	تعداد پنجه در کپه	عملکرد (t.h ⁻¹)	طول دوره رشد از بذریابی (day)	زمان ۵۰ درصد گلدهی (روز پس از نشاکاری)
طارم صمدی	۱۷۵	۱۲/۵	۴/۵	۱۱۰	۵۰
طارم هاشمی	۱۴۰	۱۵	۳/۸-۴/۱	۱۱۳	۵۲
طارم محلی	۱۴۲/۵	۱۴	۳/۸-۴/۲	۱۱۸	۵۷
شیروودی	۱۰۶	۱۹	۷/۵	۱۳۴	۷۵
کشوری	۱۱۵	۱۷	۷/۵-۸/۵	۱۳۰	۷۰
گوهر	۱۲۰	۱۴	۹-۱۰	۱۴۵	۸۵

* راهنمای برنج (ارقام) - معاونت تولیدات گیاهی

1. Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry (Federal Biological Research Centre, Federal Office of Plant Varieties and Chemical Industry)

به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۵

۶۵۷

جدول ۲. مراحل اصلی رشد گیاه برنج براساس کدبندی BBCH

کد مراحل اصلی رشد گیاه	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
شرح کد	جوانه زنی	توسعه برگ	پنجه زنی	طول شدن ساقه	آبستنی	ظهور خوشه	گلدهی	پر شدن دانه	رسیدگی	بلوغ کامل

جدول ۳. اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۲

(منبع: ایستگاه هواشناسی مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز)

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	
۱۲/۲	۲۲/۶	۲۴	۲۶/۳	۲۶	۲۶/۱	۲۳	میانگین دمای روزانه (°C)
۱۴/۹	۲۹/۲	۲۸/۳	۳۱/۹	۳۱/۱	۳۰/۸	۲۷/۶	میانگین دمای حداکثر روزانه (°C)
۱۰/۱	۱۶	۱۹/۶	۲۰/۷	۲۱	۲۱/۳	۱۸/۴	میانگین دمای حداقل روزانه (°C)
۱۵/۹	۱۹/۵	۲۵/۱	۳۰/۳	۲۷/۶	۲۷/۱	۲۲/۶	میانگین دمای خاک در عمق ۳۰ سانتی متری (°C)
۷۴/۳	۶۹/۱	۷۱/۷	۷۰/۸	۷۵/۱	۷۸/۴	۷۳/۱	میانگین رطوبت نسبی (%)
۲/۹	۱۰/۵	۳	۱۲/۵	۸/۱	۱۰	۴۰	میزان بارندگی (mm)
۱۲	۱۴۰	۱۵۳	۳۰۱	۱۵۷	۱۹۰	۱۲۱	میزان ساعات آفتابی
-	-	-	۲۳/۴	۱۵/۲	۱۵/۲	۱۲/۵	میانگین تابش (MJ.m ² .day ⁻¹)

تجزیه رگرسیون لجستیک پر شدن دانه مورد استفاده قرار گرفت. فرآیند پر شدن دانه با استفاده از معادله رشد ریچاردز (۱۹۵۹) ارزیابی شد [۲۹]. از معادله (۱) برای ارزیابی سرعت پر شدن دانه و مدت پر شدن دانه استفاده شد:

$$Y = \frac{W}{1 + e^{(B-CX)}} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این رابطه، Y، W و X به ترتیب وزن دانه در هر نمونه برداری، وزن نهایی دانه و زمان (روز) پس از گلدهی می باشند. C در رابطه دو برای محاسبه سرعت پر شدن دانه (R) مورد استفاده قرار گرفته و مدت پر شدن دانه (T) از

برای تعیین سرعت و مدت پر شدن دانه، در مرحله پنج رشد اصلی (ظهور خوشه) تعدادی از خوشه های مربوط به ساقه اصلی در هر کرت با استفاده از روبان رنگی علامت گذاری شدند. ۸ روز بعد از شروع گلدهی نمونه برداری برای هر ژنوتیپ آغاز و از هر کرت، ساقه های اصلی در سه کپه کف بر شدند. نمونه برداری ها به فاصله ۳ روز صورت گرفته و هر بوته به اجزای خوشه، برگ و ساقه (با غلاف برگ) تقسیم و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد خشکانده شدند [۲۴]. وزن خشک محاسبه شده در هر نمونه برداری، برای

اثر زمان نشاکاری بر عملکرد شلتوک و صفات فیزیولوژیک در مرحله پر شدن دانه ارقام برنج

کلروفیل متر دستی (Chlorophyll meter, SPAD 502, Minolta) به فاصله پنج روز از مرحله ۵۰ درصد گرده افشانی تا زمان رسیدگی، از برگ پرچم ساقه اصلی با پنج تکرار در هر کرت، اندازه گیری شد. قرائت‌ها از قسمت میانی برگ پرچم انجام گرفت [۲۲].

رابطه (۳) به دست آمد. مدت پر شدن دانه زمانی که W بین ۵ درصد تا ۹۵ درصد وزن نهایی بود، تعیین گردید:

$$R = \frac{CA}{4} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$T = \frac{CB + 2/944}{C} \quad \text{رابطه (۳)}$$

میزان سبزیگی برگ پرچم با استفاده از دستگاه

جدول ۴. اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۲ در زمان‌های نشاکاری و مراحل مختلف رشد گیاه برنج

(منبع: ایستگاه هواشناسی مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز)

نشاکاری تا حداکثر پنجه زنی						۵۰ درصد گلدهی
						۳۰ روز پس از آن
D ₁	D ₂	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	
۲۶/۰	۲۶/۲	۲۶/۵	۲۲/۹	۲۳/۵	۲۵/۴	میانگین دمای روزانه (°C)
۳۱/۳	۳۱/۳	۳۰/۹	۲۷/۳	۲۸/۶	۳۱/۴	میانگین دمای حداکثر روزانه (°C)
۲۰/۸	۲۱/۱	۲۱/۲	۱۸/۸	۱۹/۵	۲۰/۰	میانگین دمای حداقل روزانه (°C)
۲۵/۹	۲۵/۸	۲۴/۸	۲۵/۰	۲۵/۹	۲۵/۷	میانگین دمای منطقه ریشه (عمق ۱۰ سانتی متری)
۷۲/۵	۷۳/۱	۷۶/۹	۷۱/۶	۷۱/۸	۷۰/۶	میانگین رطوبت نسبی (%)
۴۶/۳	۷۴/۹	۵۶/۶	۲۱/۵	۲۰/۵	۵/۱	میزان بارندگی (mm)
۲۲۳/۴	۱۸۵/۶	۲۱۳/۳	۸۸/۳	۱۸۲/۵	۳۸۱/۴	میزان ساعات آفتابی
۶۱۴/۲	۵۴۶/۸	۵۱۴/۶	-	-	-	میزان تابش تجمعی (MJ.m ⁻²)
۵۲۵/۸	۵۲۱/۰	۵۱۵/۴	۴۹۸	۵۰۷/۵	۵۹۸/۵	درجه - روز رشد تجمعی (GDD)

(D₁, D₂ و D₃ - به ترتیب زمان نشاکاری ۱۵ و ۳۰ اردیبهشت و ۲۰ خرداد)

سانتی‌گراد خشکانده شدند [۲۴] و با استفاده از وزن خشک محاسبه شده در هر نمونه برداری، شاخص‌های مرتبط با انتقال مجدد ماده خشک و با استفاده از روابط زیر تعیین گردید [۲۶]:

در مرحله اصلی رشد شش و فرعی پنج، برای هر ژنوتیپ از هر کرت بوته‌های سه کپه کف‌بر شدند. هر کپه به اجزای خوشه، برگ و ساقه (همراه با غلاف برگ) تقسیم و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه (۴)

میزان انتقال مجدد ماده خشک از ساقه به دانه وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی دانه (بدون دانه) - حداکثر وزن خشک ساقه در مرحله گرده افشانی

(۵) = کارایی انتقال مجدد ماده خشک از ساقه به دانه (%) حداکثر وزن خشک ساقه در مرحله گرده افشانی / میزان انتقال مجدد از ساقه به دانه

(۶) عملکرد دانه / میزان انتقال مجدد از ساقه به دانه = سهم انتقال مجدد ماده خشک از ساقه به دانه (%)

به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۵

بالتر برای نشاکاری زودهنگام ۲۵ خرداد اساساً به دلیل شرایط آب و هوایی مناسب خصوصاً در زمان پنجه‌دهی، گلدهی و پر شدن دانه عنوان گردید. همچنین، در نشاکاری زودهنگام درجه حرارت مناسب بیشتری در زمان پنجه‌دهی در مقایسه با نشاکاری دیرتر دریافت شد که این امر باعث تعداد بیشتر خوشه در مترمربع و منتج به عملکرد بالاتر شد [۱۹].

میزان انتقال مجدد ماده خشک از ساقه

اثر زمان نشاکاری، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر انتقال مجدد ماده خشک از ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. انتقال مجدد ماده خشک از ساقه در تاریخ نشاکاری ۱۵ اردیبهشت معادل ۱۷۷ گرم در مترمربع، بیشتر از زمان های نشاکاری ۲۰ خرداد (۱۱۳ گرم در مترمربع) و ۳۰ اردیبهشت (۶۶/۵ گرم در مترمربع) بود (جدول ۵). نتایج حاصل از تحقیقی بر روی ژنوتیپ‌های قدیمی و جدید برنج نشان داد که میزان انتقال مجدد از ساقه ۷۱۰ تا ۱۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود [۲]. معنی‌دار بودن اثر متقابل زمان نشاکاری در رقم یعنی عکس‌العمل هر یک از ارقام، تابع زمان نشاکاری است و واکنش ارقام در سطوح مختلف نشاکاری کاملاً متفاوت می‌باشد و روند یکسانی ندارد و اثرات جمع‌پذیر نمی‌باشد. به عبارت دیگر، انتقال مجدد و توزیع مواد فتوسنتزی تحت تأثیر عوامل محیطی و صفات زراعی ارقام قرار گرفت. به‌طور کلی، در ارقام مختلف، بیشترین انتقال مجدد در زمان نشاکاری اول مشاهده گردید (جدول ۶). بر این اساس، می‌توان بیان نمود که زمان‌های مختلف نشاکاری به عنوان یک عامل محیطی بر انتقال مجدد مؤثرند. از زمان نشاکاری تا حداکثر پنجه‌دهی، میانگین، حداکثر و حداقل دمای روزانه و دمای خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متری محیط ریشه، میزان ساعات آفتابی، میزان تابش جمعی و میزان دمای جمعی در زمان نشاکاری دوم و سوم بالاتر از زمان اول بود (جدول‌های ۳ و ۴).

در مرحله رسیدگی، بوته‌های چهار مترمربع از فضای عملکرد هر کرت کف‌بر شده و پس از خشکاندن در مزرعه، خرمن‌کوبی و توزین انجام شد و عملکرد دانه براساس رطوبت ۱۴ درصد و برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید.

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و SPSS انجام شد. برای داده‌هایی که به صورت درصد بودند (کارایی انتقال مجدد ماده خشک ساقه و سهم نسبی فتوسنتز جاری در عملکرد) تبدیل داده‌ها با فرمول $(\text{ArcSin } \sqrt{x})$ انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثر زمان نشاکاری بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. زمان نشاکاری ۱۵ اردیبهشت به میزان ۶۹۹۵ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد بود. به نظر می‌رسد میزان تابش جمعی بالاتر در زمان پر شدن دانه و دوره مؤثر پر شدن دانه و انتقال مجدد ماده خشک بیشتر در زمان نشاکاری اول باعث افزایش عملکرد گردید (جدول‌های ۴ و ۵). همچنین برتری تعداد پنجه مؤثر و تعداد دانه در خوشه و درصد رسیدگی نیز در زمان نشاکاری ۱۵ اردیبهشت مشاهده گردید (جدول ۵). رقم شیرودی با ۸۳۳۵ کیلوگرم و رقم گوهر با ۸۰۴۴ کیلوگرم در هکتار دارای بالاترین و نیز رقم هاشمی با ۵۱۰۴ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین عملکرد دانه بودند. اثر متقابل زمان نشاکاری در رقم معنی‌دار نبود. در تحقیقی در پنجاب هند تأخیر در زمان نشاکاری از ۲۵ خرداد تا ۴ تیر و ۱۴ تیر منتج به کاهش در میانگین عملکرد ارقام گردید. میانگین عملکرد کلیه ارقام در زمان نشاکاری ۲۵ خرداد بیشترین مقدار (۷/۶ تن در هکتار) و در زمان نشاکاری ۱۴ تیر کمترین مقدار (۶/۴ تن در هکتار) حاصل شد. عملکرد

اثر زمان نشاکاری بر عملکرد شلتوک و صفات فیزیولوژیک در مرحله پر شدن دانه ارقام برنج

جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد دانه، انتقال مجدد ماده خشک و پر شدن دانه ارقام برنج در تیمارهای زمان کاشت

عملکرد شلتوک (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)	دوره مؤثر شدن (day)	سرعت پر شدن دانه (mg.day ⁻¹)	سهم نسبی فتوسنتز جاری در عملکرد دانه (%)	انتقال مجدد ماده خشک (g.m ²)			تیمارهای آزمایشی
					کارایی انتقال مجدد ماده خشک از ساقه (%)	کل اندام هوایی (g.m ²)	ساقه (g.m ²)	
۶۹۹۵ ^a	۳۹/۸ ^a	۱۹/۸ ^a	۱/۲ ^b	۶۰/۸ ^b	۲۳/۴ ^a	۱۹۰/۸ ^a	۱۷۶/۸ ^a	۱۵ اردیبهشت
۶۶۲۷ ^a	۳۸/۳ ^{ab}	۱۶/۱ ^b	۱/۶ ^a	۸۴/۳ ^a	۸/۰ ^b	۶۰/۵ ^b	۶۶/۴ ^b	۳۰ اردیبهشت
۵۹۶۴ ^b	۳۵/۸ ^b	۱۴/۳ ^b	۱/۴ ^a	۷۴/۸ ^a	۱۲/۶ ^b	۱۱۷/۸ ^b	۱۱۲/۵ ^b	۲۰ خرداد
۶۲۵/۴	۲/۴	۲/۷	۰/۱۸	۹/۹	۸	۶۸/۲	۵۵	LSD 0.01
۴۷۳	۱/۸	۲/۰۱	۰/۱۳	۷/۳	۵/۹	۵۰/۸	۴۱	LSD 0.05
زمان نشاکاری								
۵۸۸۱ ^{bc}	۳۵/۹ ^{cd}	۱۴/۳ ^b	۱/۶ ^{ab}	۸۰/۶ ^{ab}	۵/۳ ^c	۳۵/۶ ^c	۳۸/۰ ^{de}	صمدی
۵۱۰۵ ^c	۳۲/۳ ^e	۱۴/۳ ^b	۱/۸ ^a	۹۲/۹ ^a	-۴/۱ ^c	۳/۸ ^c	۰/۲۸ ^d	هاشمی
۶۳۵۰ ^b	۳۸/۱ ^{bc}	۱۵/۷ ^b	۱/۴ ^{bc}	۷۳/۵ ^b	۱۵/۳ ^b	۷۳/۶ ^c	۷۸/۱ ^c	طرم
۸۳۳۵ ^a	۴۵/۸ ^a	۲۱/۳ ^a	۰/۹۷ ^d	۵۲/۱ ^c	۳۶/۳ ^a	۳۵۰/۳ ^a	۳۳۰/۷ ^a	شیرودی
۵۲۵۶ ^c	۳۴/۱ ^{de}	۱۴/۸ ^b	۱/۳ ^{cd}	۸۳/۹ ^{ab}	۶/۵ ^{bc}	۲۵/۰ ^c	۳۲/۳ ^{de}	کشوری
۸۰۴۵ ^a	۴۱/۵ ^b	۱۹/۹ ^a	۱/۴ ^{bc}	۵۵/۶ ^c	۲۸/۸ ^a	۲۵۰/۰ ^b	۲۳۱/۶ ^b	گوهر
۸۹۴/۵	۳/۴	۳/۸	۰/۲۵	۱۳/۸	۱۱/۳	۹۶/۵	۷۷/۹	LSD 0.01
۶۶۹/۲	۲/۵	۲/۸	۰/۱۹	۱۰/۳	۸/۴	۷۱/۹	۵۸/۳	LSD 0.05

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

ادامه جدول ۵. مقایسه میانگین تعداد پنجه مؤثر، تعداد دانه در خوشه و درصد رسیدگی ارقام برنج در تیمارهای زمان کاشت

درصد رسیدگی	تعداد دانه در خوشه	تعداد پنجه مؤثر در مترمربع	تیمارهای آزمایشی
۷۶/۸ ^a	۱۶۴ ^a	۲۸۹ ^a	زمان نشاکاری
۷۴/۸ ^{ab}	۱۶۵ ^a	۲۵۵ ^c	۱۵ اردیبهشت
۷۴/۱ ^b	۱۵۴ ^b	۲۷۵ ^b	۳۰ اردیبهشت
۲/۶	۹/۹	۱۲/۶	۲۰ خرداد
۱/۹	۷/۴	۱۰/۲	LSD 0.01
			LSD 0.05
			ارقام برنج
۸۶ ^a	۱۴۱ ^c	۲۵۴ ^{cd}	صمدی
۸۵ ^a	۱۱۷ ^d	۲۷۳ ^{bc}	هاشمی
۷۵ ^b	۱۴۴ ^c	۲۹۱ ^b	طارم
۷۵ ^b	۱۶۸ ^b	۳۲۳ ^a	شیرودی
۶۴ ^d	۱۹۷ ^a	۲۵۹ ^{cd}	کشوری
۶۸ ^c	۱۹۹ ^a	۲۴۱ ^d	گوهر
۳/۷	۱۴	۱۹/۳	LSD 0.01
۲/۸	۱۰/۴	۱۲/۳	LSD 0.05

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

اثر زمان نشاکاری بر عملکرد شلتوک و صفات فیزیولوژیک در مرحله پر شدن دانه ارقام برنج

جدول ۶. مقایسه میانگین به روش برش دهی متقابل سطوح زمان نشاکاری در هر سطح رقم برای صفات مربوط به سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه، انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه ارقام برنج

عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)	سهم فوستیز جاری در عملکرد (%)	کارایی انتقال مجدد ماده خشک از ساقه (%)	انتقال مجدد ماده خشک از		دوره مؤثر (day)	سرعت پر شدن دانه (mg day ⁻¹)	تیمارهای آزمایشی	رقم زمان نشاکاری
				کل اندام هوایی (g.m ⁻²)	ساقه (g.m ⁻²)				
۶۲۷۵ ^a	۳۸/۰	۴۲/۱ ^b	۲۷/۶ ^a	۲۳۳۷ ^a	۱۸۶/۵ ^a	۱۶/۵ ^a	۱/۴ ^b	D ₁	D ₁
۵۷۱۰ ^a	۳۶/۷	۱۰ ^a	-۴/۳ ^b	-۵۱/۹ ^b	-۲۶/۱ ^b	۱۲/۹ ^b	۱/۸ ^a	D ₂	V ₁
۵۶۵۹ ^a	۳۳/۰	۱۰ ^a	-۷/۸ ^b	-۶۵/۱ ^b	-۴۶/۴ ^b	۱۳/۵ ^b	۱/۵ ^{ab}	D ₃	D ₃
۵۳۴۷ ^a	۳۱/۶	۷/۸ ^a	۳/۶ ^a	۵۳/۴ ^a	۲۷/۳ ^a	۱۷/۰ ^a	۱/۵ ^b	D ₁	D ₁
۴۹۵۳ ^a	۳۲/۵	۱۰ ^a	-۸/۷ ^b	-۶۹/۷ ^b	-۴۸/۰ ^a	۱۰/۸ ^b	۲/۴ ^a	D ₂	V ₂
۵۰۱۵ ^a	۳۲/۵	۱۰ ^a	-۷/۶ ^a	۲۷/۸ ^a	۲۱/۷ ^a	۱۵/۴ ^a	۱/۵ ^b	D ₃	D ₃
۷۳۶۶ ^a	۳۹/۰	۵۰/۱ ^b	۳۰/۴ ^a	۲۱۹/۵ ^a	۱۹۵/۰ ^a	۱۷/۳ ^a	۱/۶ ^a	D ₁	D ₁
۶۴۶۳ ^{ab}	۳۷/۸	۷/۴ ^{ab}	۱۹/۳ ^{ab}	۳۱/۸ ^b	۵۷/۰ ^b	۱۵/۰ ^a	۱/۷ ^a	D ₂	V ₃
۵۲۲۱ ^b	۳۷/۶	۹۶/۵ ^a	-۳/۸ ^b	-۳۰/۶ ^b	-۱۷/۷ ^b	۱۴/۹ ^a	۱/۴ ^a	D ₃	D ₃
۸۱۹۳ ^a	۴۷/۷	۵۷/۸ ^a	۳۳/۵ ^a	۳۳۱/۵ ^a	۳۲۱/۱ ^a	۲۸/۰ ^a	۰/۷۴ ^b	D ₁	D ₁
۸۹۹۳ ^a	۴۴/۸	۵۱/۵ ^a	۳۷/۶ ^a	۳۷۲/۷ ^a	۳۵۳/۱ ^a	۲۱/۶ ^{ab}	۰/۹ ^b	D ₂	V ₄
۷۸۲۱ ^a	۴۵/۰	۴۹ ^a	۳۷/۷ ^a	۳۴۶/۴ ^a	۳۱۸/۲ ^a	۱۴/۴ ^b	۱/۳ ^{ab}	D ₃	D ₃
۶۰۷۳ ^a	۳۶/۲	۸۴/۵ ^{ab}	۱۱ ^a	۲۰/۷ ^{ab}	۳۵/۷ ^a	۱۲/۰ ^b	۹/۱۵	D ₁	D ₁
۵۵۶۴ ^{ab}	۳۳/۹	۹۹/۴ ^a	-۱۳/۶ ^b	-۷۲/۷ ^b	-۶۸/۹ ^b	۱۹/۴ ^a	۰/۹ ^b	D ₂	V ₅
۴۷۳۶ ^b	۳۲/۳	۶۸ ^b	۲۱/۳ ^a	۱۲۷/۱ ^a	۱۱۹/۸ ^a	۱۳/۰ ^b	۱/۳ ^{ab}	D ₃	D ₃
۸۷۱۹ ^a	۴۶/۳	۵۰/۶ ^b	۳۳ ^a	۲۹۶/۰ ^a	۲۹۵/۱ ^a	۲۸/۱ ^a	۰/۸۶ ^b	D ₁	D ₁
۸۰۸۳ ^a	۴۳/۷	۸۰/۴ ^a	۱۷/۶ ^b	۱۵۲/۹ ^b	۱۳۱/۱ ^b	۱۷/۱ ^b	۱/۷ ^a	D ₂	V ₆
۷۳۳۴ ^a	۳۴/۴ ^b	۳۵/۸ ^c	۳۶ ^a	۳۰۱/۱ ^a	۲۶۹/۶ ^a	۱۴/۷ ^b	۱/۵ ^c	D ₃	D ₃

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.
رقمها (V₁ = صمدی، V₂ = هاشمی، V₃ = طارم، V₄ = شیرودی، V₅ = کسوری و V₆ = گوهر) و D = تاریخ نشاکاری (D₁ = ۱۵ اردیبهشت، D₂ = ۳۰ اردیبهشت و D₃ = ۲۰ خرداد)

نیازمند آغاز پیری در کل گیاه هستند، تأخیر در پیری یا به دلیل مصرف زیاد کود نیتروژن و یا به دلیل مقاومت ارقام به خوابیدگی بوته اتفاق می‌افتد و گیاه زمانی که دانه‌ها در حال رسیدن هستند، سبز باقی می‌ماند. این امر باعث کاهش شاخص برداشت شده و با کربوهیدرات‌های غیرساختاری باقیمانده در ساقه همراه است [۲۷]. تخصیص ماده خشک از ساقه‌ها و برگ‌ها به دانه در زمان پیر شدن دانه با شدت تنش خشکی زیاد می‌شود و این موضوع به‌ویژه در ارقامی که دارای پتانسیل زیادتری در پیری برگ‌ها هستند مانند (NSG-19) صدق می‌کند [۱۴].

در نتایج آزمایش مشاهده گردید که رقم شیروودی دارای بیشترین تعداد خوشه در واحد سطح (۳۲۱ عدد) (جدول ۵) و کمترین سرعت پیر شدن دانه (یک میلی‌گرم در روز) و بیشترین دوره مؤثر پیر شدن دانه (۲۱/۳ روز) بود و با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار میزان انتقال مجدد ساقه با سرعت پیر شدن دانه ($r = -0.57^*$) و همبستگی مثبت دوره مؤثر پیر شدن دانه با انتقال مجدد ($r = 0.59^*$)، در این رقم، به نظر می‌رسد که مواد ذخیره شده بیشتری به دانه منتقل شده است. عملکرد دانه با انتقال مجدد ماده خشک از ساقه به دانه دارای همبستگی مثبت ($r = 0.18^{**}$) بود (جدول ۷).

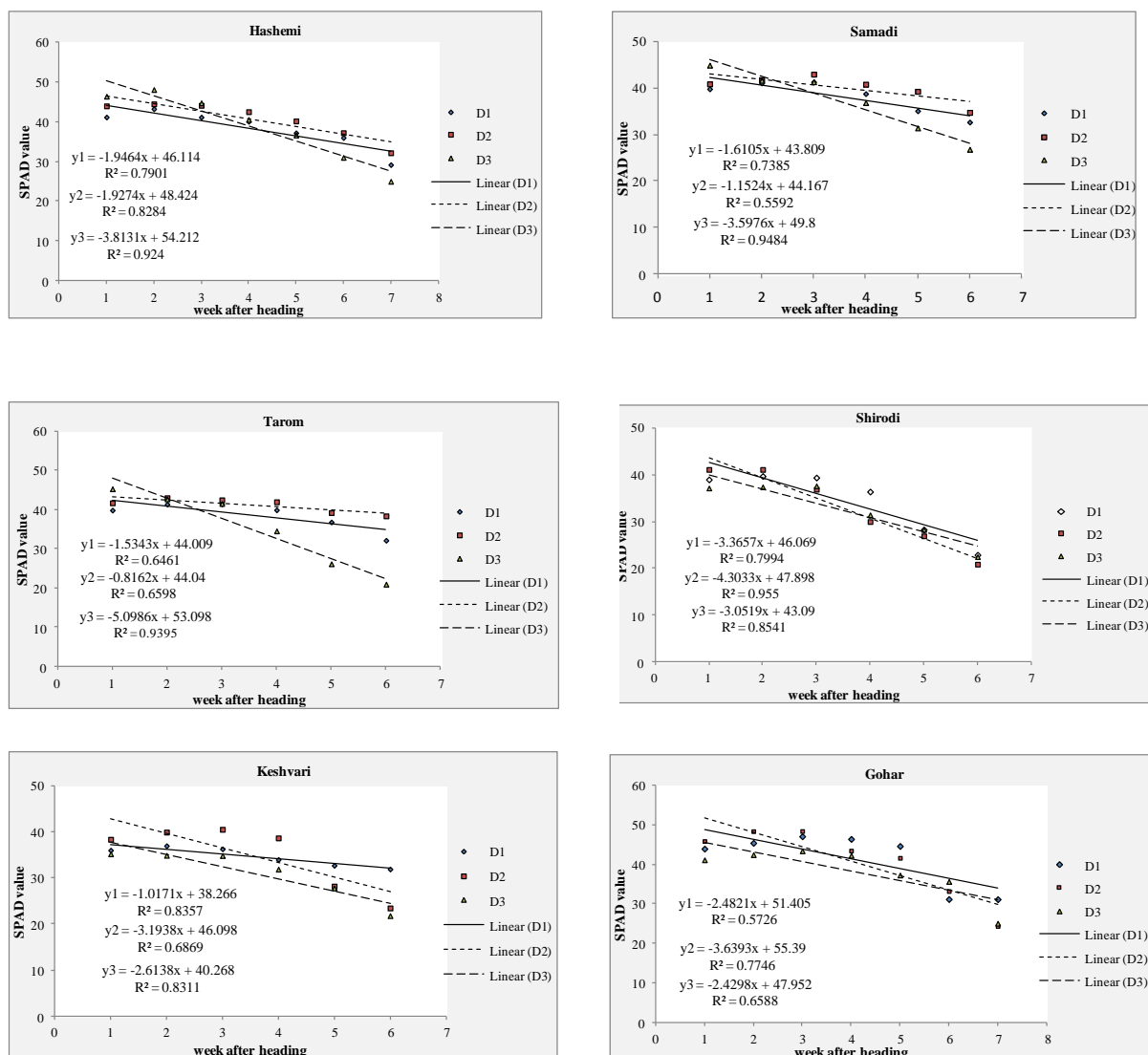
انتقال مجدد ماده خشک با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت که در بین اندام‌های گیاهی نقش ساقه متمایزتر است [۴]. تاریخ نشاکاری اثر بسیار معنی‌داری بر انتقال مجدد ماده خشک ساقه داشت و ارقام مختلف برنج نیز از نظر انتقال مجدد ماده خشک ساقه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند، به طوری که رقم فجر دارای بیشترین و رقم طارم دارای کمترین مقدار بود. در این آزمایش، اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر انتقال مجدد ماده خشک ساقه بسیار معنی‌دار بود.

به نظر می‌رسد که در زمان نشاکاری اول به‌واسطه میانگین دمای روزانه پایین‌تر هوا (۲۲/۹) و محیط ریشه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) و طول دوره رویشی بیشتر نسبت به دو زمان دیگر و تنفس کمتر (به دلیل پایین‌تر بودن حداقل دما)، میزان بیشتری از کربوهیدرات‌های تولیدی در ساقه ذخیره شده و در زمان پیر شدن دانه، به دانه منتقل گردیدند. با توجه به طولانی‌تر بودن دوره مؤثر پیر شدن دانه در زمان نشاکاری اول (۱۹/۸ روز)، فرصت انتقال مجدد نیز بیشتر بود. در چندین آزمایش جداگانه مشخص شد که در کاشت زودهنگام در برنج، ماده خشک بیشتری تجمع یافته و بنابراین عملکرد دانه افزایش یافت [۵ و ۲۷].

میزان انتقال مجدد ماده خشک ساقه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت و ارقام برنج همار، عنبربو قرمز و دانیال به لحاظ میزان انتقال مجدد با هم متفاوت بودند، بیشترین و کمترین میزان انتقال مجدد ماده خشک به ترتیب در تاریخ‌های کاشت سوم (۲۵ خرداد)، ۰/۷۹ گرم در بوته) و اول (۱۶ اردیبهشت، ۰/۲۷ گرم در بوته) مشاهده شد [۱۶]. براساس گزارش‌های متعدد سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در پیر شدن دانه بین ۲۰-۴۰ درصد [۱۳]، ۳/۵ تا ۸/۵ درصد [۲۳] متغیر اعلام شده است، اما همه گزارش‌ها بر نقش بیشتر ساقه نسبت به برگ پرچم و سایر برگ‌ها در انتقال مجدد ماده خشک تأکید کرده‌اند.

در زمان‌های مختلف نشاکاری کاهش سبزی‌نگی برگ در زمان پیر شدن دانه در رقم شیروودی در مقایسه با سایر ارقام زودتر اتفاق افتاد و با شدت بیشتری ادامه یافت (شکل ۱). به نظر می‌رسد که پیری برگ‌ها همزمان با پیر شدن دانه، شرایط انتقال مجدد به دانه را در این رقم بیشتر فراهم نمود. پیر شدن دانه شدیداً وابسته به فرآیند پیری در کل گیاه است [۲۰، ۲۸ و ۳۰]. گیاهان تک‌لپه برای انتقال مواد ذخیره شده از پیش در اندام‌های رویشی به دانه،

اثر زمان نشاکاری بر عملکرد شلتوک و صفات فیزیولوژیک در مرحله پر شدن دانه ارقام برنج



شکل ۱. تغییرات میزان سبزی‌نگی برگ بعد از خوشه‌دهی در زمان‌های مختلف نشاکاری در ارقام مختلف

پرمحصول متوسط رس نعمت نیز دیده شد، اما در ارقام پرمحصول کیفی زودرس ساحل و فجر میزان انتقال مجدد ساقه در تاریخ نشاکاری دوم افزایش و مجدداً میزان آن در تاریخ سوم نشاکاری کاهش یافت. بین انتقال مجدد عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری وجود نداشته و دلیل این امر، مصرف شدن بخش عمده‌ای از ذخایر ماده خشک در فرآیند تنفس اعلام شد [۱].

میزان انتقال مجدد در تاریخ نشاکاری اول (۲۳ اردیبهشت) ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، تاریخ دوم (۲ خرداد) برابر ۱۴۰۰ و تاریخ نشاکاری سوم (۱۱ خرداد) ۸۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. در رقم بومی طارم محلی با تأخیر در تاریخ نشاکاری میزان انتقال مجدد ساقه از ۱۱۶۶ کیلوگرم در هکتار در تاریخ اول به ۴۳۵ کیلوگرم در هکتار در تاریخ نشاکاری سوم کاهش یافت. این روند در مورد رقم اصلاح شده

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین صفات عملکرد دانه، انتقال مجدد و پر شدن دانه در ارقام برنج (n = ۱۸)

انتقال مجدد ماده خشک از اندام هوایی	انتقال مجدد ماده خشک از ساقه	کارایی انتقال مجدد ماده خشک از ساقه	دوره مؤثر پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	
		۱	۱	۱	سرعت پر شدن دانه
				-۰/۷۷**	دوره مؤثر پر شدن دانه
		۱	۰/۴۵	-۰/۴۷*	کارایی انتقال مجدد ماده خشک از ساقه
	۱	۰/۹۵**	۰/۵۹**	-۰/۵۷*	انتقال مجدد ماده خشک از ساقه
۱	۰/۹۹**	۰/۹۴**	۰/۵۷*	-۰/۵۷*	انتقال مجدد ماده خشک از اندام هوایی
۰/۸۳**	۰/۸۴**	۰/۷۹**	۰/۶۸**	-۰/۵۲*	عملکرد دانه

ns، * و ** - به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

شدن دانه فتوستتیز جاری برگ‌ها تقاضای مخزن را مرتفع نمود، لیکن در زمان نشاکاری اول با مدت پر شدن دانه طولانی‌تر، با کاهش قدرت فتوستتیزی برگ‌ها در اواخر دوره، انتقال مجدد از ساقه و کارایی آن افزایش یافت. در تحقیق حاضر رابطه بسیار نزدیکی بین مقدار انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد از ساقه دیده شد ($r = 0.95^{**}$) بدین معنی که بیشترین و کمترین مقادیر انتقال مجدد از ساقه با بیشترین و کمترین کارایی انتقال مجدد مطابقت داشت.

رقم شیرودی از بین ارقام اصلاح شده دارای بیشترین کارایی انتقال مجدد از ساقه (۳۶/۳ درصد) بود. در بین ارقام اصلاح شده رقم شیرودی دارای کمترین درصد کاهش عملکرد در زمان‌های مختلف نشاکاری بود که می‌توان آن‌را به میزان و کارایی بیشتر انتقال مجدد مرتبط دانست. از بین ارقام بومی، رقم هاشمی دارای کمترین مقدار بود (جدول ۵). ضرایب همبستگی و رگرسیون گام به گام نشان داد که عملکرد دانه با کارایی انتقال مجدد از ساقه دارای همبستگی مثبت و بالایی بود (جدول‌های ۷، ۸ و ۹). بنابراین به نظر می‌رسد که کارایی انتقال مجدد بیشتر باعث سهم بیشتر انتقال مجدد در عملکرد و افزایش عملکرد گردید.

رقم شیرودی در بین ارقام اصلاح شده دارای بیشترین میزان انتقال مجدد ماده خشک ساقه (۳۳۰ گرم در مترمربع) و رقم هاشمی از بین ارقام بومی (۰/۳ گرم در مترمربع)، دارای کمترین مقدار بود از این‌رو سهم نسبی فتوستتیز جاری در عملکرد دانه در رقم شیرودی با ۵۳/۱ درصد کمترین، و در رقم هاشمی با ۹۳ درصد، بیشترین میزان بود (جدول ۵).

کارایی انتقال مجدد ماده خشک از ساقه

اثر زمان نشاکاری، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر کارایی انتقال مجدد ماده خشک از ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. کارایی انتقال مجدد از ساقه در زمان نشاکاری ۱۵ اردیبهشت معادل ۲۳/۴ درصد در گروه اول، بیشتر از زمان نشاکاری ۲۰ خرداد (۱۲/۶ درصد) و ۳۰ اردیبهشت (۸/۰ درصد) که در گروه دوم قرار گرفتند، بود. در کلیه ارقام بومی، بیشترین کارایی انتقال مجدد در زمان نشاکاری اول اتفاق افتاد (جدول ۶). تأخیر در زمان نشاکاری باعث کاهش در میزان کارایی انتقال مجدد گردید. با توجه اینکه در این تحقیق تأخیر در نشاکاری منجر به کاهش مدت پر شدن دانه گردید، به نظر می‌رسد که با کوتاه شدن مدت پر

اثر زمان نشاکاری بر عملکرد شلتوک و صفات فیزیولوژیک در مرحله پر شدن دانه ارقام برنج

جدول ۸. مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل (اعداد ضرایب معادله رگرسیون در هر مرحله هستند)

صفت اضافه شده به مدل	۱	۲
عدد ثابت	۵۷۰۶/۴۹	۴۴۷۴/۱۱
انتقال مجدد ماده خشک ساقه	۰/۶۹	۰/۵۴
طول مؤثر پر شدن دانه		۰/۸۴
ضریب تبیین (R^2)	۰/۵۰	۰/۵۷

جدول ۹. مراحل رگرسیون گام به گام برای انتقال مجدد ساقه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات

صفت اضافه شده به مدل	۱	۲	۳
عدد ثابت	۱۲۵/۰۶	-۵۸۹/۲۴	-۱۱۳۷/۴۲
کارایی انتقال مجدد ماده خشک ساقه	۷۲/۲۹	۶۷/۲۶	۶۲/۵۳
طول مؤثر پر شدن دانه		۴۷/۰۸	۳۲/۴۵
عملکرد			۱/۳۲
ضریب تبیین (R^2)	۰/۸۷	۰/۹۰	۰/۹۰۶

به عنوان متغیر مستقل در صورتی که صفت انتقال مجدد از کل اندام هوایی حذف گردد.

سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه

نتایج حاصله نشان داد سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه به طور معنی داری (در سطح یک درصد) تحت تأثیر زمان نشاکاری، ارقام برنج و اثرات متقابل آن قرار گرفت. سرعت پر شدن دانه در زمان‌های نشاکاری ۳۰ اردیبهشت، ۲۰ خرداد و ۱۵ اردیبهشت به ترتیب ۱/۶، ۱/۴ و ۱/۲ میلی گرم در روز بود. بیشترین سرعت پر شدن دانه مربوط به رقم بومی هاشمی در تاریخ نشاکاری دوم (۲/۴ میلی گرم در روز) و کمترین آن مربوط به رقم اصلاح شده شیرودی در تاریخ نشاکاری اول (۰/۷ میلی گرم در روز) بود (جدول ۶). براساس اطلاعات هواشناسی، از مرحله نشاکاری تا حداکثر پنجه دهی، میانگین دمای روزانه هوا در زمان‌های نشاکاری دوم و سوم به ترتیب ۲۳/۵ و ۲۵/۴ درجه سانتی-

گراد، بیشتر از زمان نشاکاری اول (۲۲/۹ درجه سانتی گراد) بود. میانگین دمای بالاتر باعث کوتاه تر شدن طول دوره رویشی از نشاکاری تا حداکثر پنجه دهی گردید و این دوره در زمان های نشاکاری اول، دوم و سوم به ترتیب ۳۴/۴، ۳۲/۳ و ۲۹/۶ روز و به تبع آن تعداد پنجه مؤثر در مترمربع به ترتیب ۲۹۰، ۲۵۵ و ۲۷۵ عدد بود.

باتوجه به همبستگی منفی تعداد خوشه در واحد سطح با سرعت پر شدن دانه، می توان بیان نمود که زمان نشاکاری ۱۵ اردیبهشت به دلیل تولید تعداد خوشه بیشتر در واحد سطح دارای کمترین و زمان نشاکاری ۳۰ خرداد با کمترین تعداد خوشه در واحد سطح دارای بیشترین سرعت پر شدن دانه بودند (جدول ۵). به نظر می رسد که در زمان نشاکاری ۳۰ اردیبهشت و ۲۰ خرداد به دلیل کاهش تعداد

سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه در ارقام مختلف دارای اختلاف معنی‌دار بودند. رقم بومی هاشمی با ۱/۸ میلی‌گرم در روز و رقم اصلاح شده شیرودی با یک میلی‌گرم در روز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین سرعت پر شدن دانه بودند. دوره مؤثر پر شدن دانه در ارقام اصلاح شده (۱۸/۷ روز) بیشتر از ارقام بومی (۱۴/۷ روز) بود (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که زمان‌های مختلف نشاکاری در برنج به عنوان یک عامل محیطی در میانگین، حداقل و حداکثر دمای محیط، میزان ساعات آفتابی، میزان تابش، رطوبت نسبی و دمای محیط ریشه تغییر ایجاد کرد. این تغییر بر صفات مورفولوژیک، فنولوژیک و فیزیولوژیک برنج، خصوصاً پنجه‌دهی، انتقال مجدد ماده خشک به دانه و سرعت و مدت پر شدن دانه تأثیرگذار بود. با افزایش دما در طول دوره رویشی تعداد روزهای رسیدن به حداکثر پنجه‌دهی، تعداد پنجه و به تبع آن تعداد خوشه در واحد سطح کمتر شد. با کاهش تعداد پنجه مؤثر رقابت برای جذب نور و عناصر غذایی کمتر شد. در ضمن میزان رقابت بین مخازن برای جذب مواد پروده کاهش یافت که باعث اختصاص مواد غذایی بیشتر به پر کردن دانه گردید و سرعت پر شدن دانه افزایش یافت. با توجه به همبستگی منفی سرعت و مدت پر شدن دانه، مدت پر شدن طولانی‌تر باعث فراهم نمودن درجه حرارت تجمعی، تابش تجمعی و انتقال مجدد بیشتر شد که عملکرد بیشتری را به همراه داشت. میزان سرعت و مدت پر شدن دانه و انتقال مجدد در دو گروه ارقام بومی و اصلاح شده متفاوت بود. سرعت پر شدن دانه در ارقام بومی بیشتر و مدت پر شدن و انتقال مجدد در آنها کمتر از ارقام اصلاح شده بود. در اثر تغییر در زمان نشاکاری،

پنجه‌های بارور، در زمان پر شدن دانه رقابت برای جذب نور و عناصر غذایی از محیط کاهش یافته و ضمناً میزان رقابت بین مخازن برای جذب مواد پرورده نیز کاهش یافت و مواد غذایی بیشتری برای پر کردن دانه اختصاص یافته و باعث افزایش سرعت پر شدن دانه شد. در آزمایش همبستگی بین سرعت پر شدن دانه با وزن خوشه و وزن صدانه را در برنج مثبت گزارش نمودند، درحالی‌که همبستگی این صفت با تعداد خوشه در مترمربع منفی بود [۹].

دوره مؤثر پر شدن دانه در زمان نشاکاری ۱۵ اردیبهشت (۱۹/۸ روز) بالاتر از سایر زمان‌های نشاکاری بود. ارقام شیرودی و گوهر در زمان نشاکاری اول دارای بیشترین طول دوره مؤثر پر شدن دانه بودند. دوره طولانی‌تر پر شدن دانه باعث جذب تابش تجمعی بیشتر (۶۱۴/۲ مگاژول بر مترمربع) در زمان نشاکاری اول نسبت به زمان نشاکاری دوم (۵۴۶/۸ مگاژول بر مترمربع) و زمان سوم (۵۱۴/۶ مگاژول بر مترمربع) شد. دمای تجمعی زمان نشاکاری اول (۵۲۵/۸ درجه-روز رشد) نسبت به دو زمان نشاکاری دیگر بیشتر بود، اما تفاوت تابش تجمعی متمایزتر بود. میزان سبزی‌نگی برگ پرچم در اوایل پر شدن دانه در زمان نشاکاری دوم و سوم بیشتر بود (شکل ۱). به نظر می‌رسد که جذب نور بیشتر و میزان تولید بیشتر مواد فتوسنتزی برای انتقال به دانه بر سرعت پر شدن دانه اثرگذاری مثبتی داشته است، زیرا تعداد دانه در خوشه در زمان نشاکاری دوم (۱۶۴/۸ عدد) و سوم (۱۵۳/۹ عدد) به ترتیب مساوی و کمتر از زمان نشاکاری اول (۱۶۴ عدد) بود. در اوایل پر شدن دانه، مساحت و محتوای بیشتر کلروفیل برگ، با جذب نور و تولید ماده خشک بیشتر، باعث افزایش تعداد دانه پر در خوشه می‌شود [۳]. با توجه به همبستگی مثبت دوره مؤثر پر شدن دانه با عملکرد دانه ($r = 0.68^{**}$) می‌توان اظهار داشت که یکی از دلایل بیشتر بودن عملکرد دانه در زمان نشاکاری اول، دوره طولانی‌تر پر شدن دانه همراه با جذب تابش بیشتر بود.

ژنوتیپ‌های قدیمی و جدید برنج. فناوری تولیدات گیاهی. ۹(۲): ۲۱-۳۲.

۳. مجتبیایی م، اصفهانی م، هنرنژاد ر و اله‌قلی پور م (۱۳۸۵) بررسی روابط سرعت و مدت پر شدن دانه با اجزای عملکرد و سایر صفات فیزیولوژیک در ارقام برنج. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰(۴): ۲۱۳-۲۲۴.

۴. کاظمی پشت مساری ح، پیردشتی ه، بهمنیار م و نصیری م (۱۳۸۹) تأثیر مقادیر و تقسیط نیتروژن بر انتقال مجدد ماده خشک در ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.). علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۱(۱): ۱۱-۱۸.

5. Acutis M (1993) Growth analysis of japonica rice (*Oryza sativa* L.) with different temperatures of irrigation water (piedmont). *Rivista di Agronomia*. 27: 237-281.

6. Borrás L, Slafer GA and Otegui ME (2004) Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*. 86: 131-146.

7. Ceccarelli S, Grando S, Maatougui M, Michael M, Slash M, Haghparast R, Rahmanian M, Taheri A, Al-yassin A, Benbelkacem A, Labdi M, Mimoun H and Nachit M (2010) Plant breeding and climate changes. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 148: 627-637.

8. Fageria NK and Baligar VC (2001) Low land rice response to nitrogen fertilization. *Soil Science and Plant Annual*. 32(1&9): 1405-1429.

9. Gebeyhou GD, Knott R and Baker RJ (1981) Relationships among duration of vegetative and grain filling phases, yield-components and grain yield in durum wheat cultivars. *Crop Science*. 27: 287-290.

سرعت پر شدن دانه ۴۴، مدت پر شدن دانه ۳۱ و عملکرد شلتوک ۱۹/۹ درصد در ارقام بومی دچار نوسان شد، اما در ارقام اصلاح شده این تغییرات در سرعت پر شدن دانه ۷۸ درصد، مدت پر شدن ۸۶ و عملکرد شلتوک ۱۹/۶ درصد بود. تغییرات سهم نسبی فتوسنتز جاری در ارقام بومی و اصلاح شده به ترتیب ۷۴ و ۵۶/۲ درصد بود که نشان داد در تغییر شرایط آب و هوایی، در ارقام بومی وابستگی عملکرد به فتوسنتز جاری در مقایسه با ارقام اصلاح شده بیشتر خواهد بود. به نظر می‌رسد که مطالعات جامع‌تری در خصوص عملکرد، انتقال مجدد، سرعت و مدت پر شدن دانه در شرایط مزرعه‌ای و خصوصاً در محیط کنترل شده مورد نیاز است تا اثر تغییرات آب و هوایی بر صفات فیزیولوژیک یاد شده و روابط آنها در ارقام رایج برنج کشور شناسایی شود تا بتوان در شرایط تغییرات دمایی در اثر تغییر اقلیم، به‌نحو مناسبی برنامه‌ریزی نمود.

تشکر و قدردانی

از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ریاست و همکاران محترم مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز و دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان به پاس همکاری در اجرای رساله دکتری نگارنده ردیف اول این مقاله، قدردانی می‌شود.

منابع

۱. پیردشتی ه، طهماسبی سروسستانی ز و نصیری م (۱۳۸۲) مطالعه انتقال مجدد نیتروژن و ماده خشک در ارقام مختلف برنج در زمان‌های مختلف نشاکاری. علوم زراعی ایران. ۵(۱): ۴۶-۵۵.
۲. اکبری غ، صالحی زرخونی ر، متقی س، لطفی‌فرا، یوسفی راد م و نصیری م (۱۳۸۸) مقایسه عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در

10. Jagdish SVK, Craufurd PQ and Wheeler TR (2007) High temperature stress and spikelet fertility in rice. *Journal of Experimental Botany*. 58(7): 1627-1635.
11. Jenner CF, Ugalde TD and Aspinall D (1991) The physiology of starch and protein deposition in endosperm of wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*. 18: 211-226.
12. Kim J, Shon J, Lee C, Yang W, Yoon Y, Yang W, Kim Y and Lee B (2011) Relationship between grain filling duration and leaf senescence of temperate rice under high temperature. *Field Crops Research*. 122: 207-213.
13. Kobato T, Sugawara M and Takatu S (2000) Shading during the early grain filling period does not affect potential grain dry matter increase in rice. *Agronomy Journal*. 92(3): 411-417.
14. Kumar R, Sarawagi AK, Ramos C, Amarante ST, Ismail AM and Wade LJ (2006) partitioning of dry matter during drought stress in rainfed lowland rice. *Field Crops Research*. 9: 1-11.
15. Kumari SL and Valarmathi G (1998) Relationship between grain yield, grain filling rate and duration in rice. *Madras Agricultural Journal*. 85: 210-211.
16. Lack S, Ghasemi Z and Mombeini M (2013) Effects of planting date on dry matter remobilization in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Scientific Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 1(2): 22-31.
17. Lampe K (1995) Rice research: food for billion people. *Annual Review of Plant Physiology*. 235p.
18. Lancashire PD, Bleiholder H, Langeluddecke P, Stauss R, Van den boom T, Webber E and Witzgen-berger A (1991) An uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*. 119: 561-601.
19. Mahjan G, Baharaj TS and Timsina J (2009) Yield and water productivity of rice as affected by time of transplanting in Punjab, india. *Agriculture Water Managment*. 92: 525-532.
20. Mi G, Tang L, Zhang F and Zhang J (2002) Carbohydrate storage and utilization during grain filling as regulated by nitrogen application in two wheat cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. 25: 213-229.
21. Moon HL, Jinand S and Rae KP (1994) Patterns of partitioning of carbohydrates in rice crops with different transplanting dates. *Japanese Journal of Crop Science*. 64: 748-735.
22. Mujdeci M, Senol H, Cakmakci T and Celikok P (2011) The effects of different soil water matric suctions on stomatal resistance. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 9: 1027-1029.
23. Ntanos DA and Koutroubas SD (2002) Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean condition. *Field Crops Research*. 74(1): 93-101.
24. Oh-e I, Saitoh K and Kuroda T (2007) Effects of high temperature on growth yield and dry matter production of rice growth in the paddy field. *Plant Production Science*. 10(4): 412-422.
25. Peng S, Huang J, Sheehy JE, Laza RC, Visperas R M, Zhong X, Centeno G S, Khush GS and Cassman KG (2004) Rice yield declines with higher night temperature from global warming. *Proceeding of National Academy of Science*. 101: 9971-9975.
26. Plaut Z, Butow BJ, Blumenthal CS and Wrigley CV (2004) Transport of dry mater into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Research*. 86: 185-198.
27. Yang J and Zhang J (2006) Grain filling of

- cereals under soil drying. *New Phytologist Journal*. 169(2): 223-236.
28. Yang J, Zhang J, Huang Z, Zhu Q and Wang L (2000b) Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil-drying during grain filling of wheat. *Crop Science*. 40: 1645-1655.
29. Yang J, Zhang J, Wang Z, Zhu Q and Liu L (2001) Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of Pre-stored carbon in wheat during grain filling. *Agronomy Journal*. 93: 196-206.
30. Zhang J, Sui X, Li B, Su B, Li J and Zhou D (1998) An improved water-use efficiency for winter wheat grown under reduced irrigation. *Field Crops Research*. 59: 91-98.