دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

مطالعه روابط رگرسیونی شاخص‌های فیزیولوژیکی برنج در مراحل مختلف رشد در شرایط آب و هوایی استان خوزستان

کاوه لیموچی[۱]، مهرداد یارنیا[۲]، عطا اله سیادت[۳]، ورهرام رشیدی[۴] و عبدالعلی گیلانی[۵]

۱ و ۴- دانشجوی دکتری و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، (نویسنده مسوول: yarnia@iaut.ac.ir)
۳- استاد، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین
۵- استادیار، عضو هیأت علمی بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۲۲

چکیده

این پژوهش به‌منظور مطالعه روابط بین صفات مختلف مورفوفیزیولوژیکی و فنولوژی با عملکرد دانه اجرا گردید. هدف از این آزمایش تعیین بهترین شاخص‌های انتخاب مستقیم و غیرمستقیم در زمینه بهبود ژنتیکی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج هوازی می‌باشد. صفات مورد بررسی در این تحقیق شامل عملکرد دانه به‌عنوان متغییر وابسته و صفات ماده خشک کل، وزن پانیکول، وزن ساقه، LAI، CGR، NAR، LAR، SLA، ALW، LWR، L/S، SWR، PWR، LAD و BMD به‌عنوان متغییر مستقل در نظر گرفته شدند که در مراحل مختلف رشد جهت تعیین میزان نقش مؤثر آنها در عملکرد دانه مورد تجزیه رگرسیون گام به گام قرار گرفتند. نتایج نشان داد که به ترتیب اهمیت در مرحله ۲۵ روز پس از کاشت صفات L/S، SLA، LAI و وزن برگ برگ، در ۵۰ روز پس از کاشت صفات NAR، L/S، SWR، وزن ساقه و BMD، در ۷۵ روز پس از کاشت وزن پانیکول، NAR، SLA، وزن ساقه و LAR، در ۱۰۰ روز پس از کاشت CGR، وزن ساقه، L/S، LAR و PWR و در ۱۲۵ روز پس از کاشت CGR، NAR، SLA، L/S و وزن برگ تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند. به‌ترتیب از ابتدا تا انتهای رشد در مراحل مزبور صفات L/S، NAR، وزن پانیکول، CGR و CGR بیشترین تغییرات حاصله در عملکرد دانه را دارا بودند. با توجه به اینکه در مراحل بحرانی رشد صفت CGR به‌دلیل تخصیص بیشتر آسیمیلات در رشد زایشی به‌جای رشد رویشی در مرحله پر شدن دانه، مؤثرترین صفت در عملکرد دانه بود که می‌تواند از اهداف مهم در برنامه‌های به‌نژادی و اصلاح ارقام باشد.

واژه‌های کلیدی: مراحل رشد، فیزیولوژی، مورفولوژی، CGR، رگرسیون گام‌به‌گام

مقدمه

برنج پس از گندم، دومین غله مهم به‌شمار می‌رود و یکی از گیاهان خانواده غلات است که سهم عمده‌ای در برنامه غذایی مردم آسیا به ویژه کشور ایران دارد (۳۸). اگر چه در دنیا سطح زیر کشت برنج کمتر از گندم است، اما مقدار تولید آن تقریباً با گندم برابری می‌کند. این گیاه غذای اصلی بیش از نیمی از مردم کره زمین را تشکیل می‌دهد و در بخش عظیمی از قاره آسیا بیش از ۸۰ درصد کالری و ۷۵ درصد پروتئین مصرفی مردم را تأمین می‌کند (۱۹). اعمال دور آبیاری برای بررسی صفات مؤثر در عملکرد دانه می‌تواند روش مناسبی برای تشخیص صفات مؤثر به صورت کلی در عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج باشد (۲۵). بررسی‌ها نشان داده‌اند که بین تنش‌های غیر زنده، تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد عملکرد گیاهان زراعی است (۲۶). تولید دانه در گیاهان زراعی یک پدیده پیچیده است و عوامل متعددی به طور مستقیم و غیرمستقیم بر آن مؤثرند و عملکرد دانه در برنج نیز برآیند ارتباط بسیاری از فرآیندهای حیاتی در مرحله نمو گیاهی است و هیچ فرآیندی به تنهایی کلید دسترسی به حداکثر عملکرد نیست (۱۶). در تحقیق دیگر که توسط طاووسی و همکاران (۴۱)، بر روی عملکرد و برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی صورت گرفت، نتیجه گرفتند که طول خوشه و تعداد دانه در خوشه بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه دارند (۴۱). عملکرد هر محصول زراعی حاصل رقابت برون و درون بوته‌ای برای عوامل محیطی رشد می‌باشد. حداکثر عملکرد زمانی حاصل می‌شود که این رقابت‌ها به حداقل خود رسیده و گیاه بتواند از عوامل محیطی رشد موجود، بیشترین استفاده را بنماید (۱۸). توزیع فضایی گیاهان در یک جامعه زراعی با جذب تشعشع در ارتباط است و این صفت نقش تعیین‌کننده‌ای در ظرفیت فتوسنتزی و عملکرد دارد (۷). زیرا سرعت رشد محصول تابعی از انرژی تشعشعی مورد استفاده در فرآیند فتوسنتز است (۴۲).

بر اساس مطالعات انجام شده، اجزاء اثر گذار بر عملکرد از یکدیگر مستقل نبوده و ممکن است افزایش یک جزء با مقدار معین، موجب کاهش در اجزاء دیگر شود. پس برای دستیابی به یک رقم با عملکرد بالا باید تمامی اجزاء دخیل در عملکرد دانه به‌طور مناسبی در نظر گرفته شود (۱۲). بنابر گزارش رحیمیان و همکاران (۳۶) اولین شرط جهت افزایش عملکرد دانه، افزایش تولید ماده خشک در واحد سطح می‌باشد. هر چند هنوز مشخص نشده که تأثیر تولید ماده خشک قبل از گلدهی می‌تواند باعث انتقال یافته از سایر اجزاء به دانه و به دنبال آن کاهش عملکرد دانه گردد. برگ نیز به‌عنوان اندام فتوسنتزکننده، نقشی انکارناپذیر در تولید ماده توسط تمامی گونه‌های گیاهی از جمله برنج ایفا می‌کند (۳۲). یانگ و همکاران، در مطالعه عملکرد دانه و اختصاص آسیمیلات‌ها به دانه در برنج هیبرید ژاپونیکا/ایندیکوم گزارش کردند که در این هیبریدها سطح برگ بالا در طول دوره پُرشدن دانه، نقش بسیار مهمی در مقدار فتوسنتز و به دنبال آن تولید ماده خشک دارد. هورتون (۱۵) نیز معتقد است که برای معرفی ارقام با

عملکرد بالا در آینده ممکن است افزایش سطح برگ مدنظر گرفته شود. عملکرد دانه و اجزاء عملکرد گیاه برنج با دیگر خصوصیات مرفولوژیک یک گیاه از جمله تعداد پنجه، ارتفاع بوته، اندازه برگ، میزان کلروفیل و سطح برگ پرچم در ارتباط است (۱).

در مورد تعداد پنجه یاداوا و ساین (۲۳)، بین تعداد پنجه و عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌داری را گزارش کردند. ژانگ و همکاران (۴۳)، نیز به رابطه مثبت تعداد خوشه و تعداد دانه در گیاه و عملکرد دانه برنج با قدرت پنجه‌دهی پی‌بردند. از طرف دیگر میلر و هیل (۲۴)، گراویس و هلمر (۱۱)، رابطه منفی بین تعداد پنجه با طول بوته را دلیل عملکرد بالاتر ارقام با قدر پنجه‌زنی بالا توصیف کردند. یاموچیا (۴۴)، پیشنهاد کرد که در اصلاح و معرفی ارقام جدید افزایش قدرت پنجه‌زنی مد نظر قرار گیرد. به اعتقاد نصیری و همکاران (۳۱) و یاداوا و ساین (۴۳)، ارتفاع بوته نیز از صفات مؤثر بر عملکرد دانه محسوب می‌شود به‌طوری که با افزایش ارتفاع از میزان عملکرد کاسته می‌شود. جنت (۱۰)، اظهار کرد که برای معرفی ارقام جدید با کمیت و کیفیت بالا، دارا بودن زودرسی و پاکوتاهی می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی مهم مطرح شود. با این حال مطالعات مهدوی (۲۲) نشان‌داد که بالاترین عملکرد به پابلندترین رقم مربوط می‌شود و ارقام پاکوتاه، به دلیل تولید پنجه‌های نابارور و سطح برگ بالا و سایه‌اندازی بیشتر، دچار کاهش فتوسنتز و تولید دانه می‌شوند.

نوربخشیان و رضائی (۳۲) گزارش دادند که در برنج سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) در مرحله گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. از طرفی پیردشتی (۳۵) در بررسی انجام شده اعلام کردند RGR با عملکرد دانه همبستگی منفی داشت. عرفانی و نصیری (۲) در مطالعه برخی از خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد دانه ارقام برنج، بیان داشتند که CGR، سرعت فتوسنتز خالص (NAR) و شاخص سطح برگ (LAI) در ارقام اصلاح شده در تمام مراحل رشد به‌ویژه مرحله گل‌دهی بیشتر از ارقام بومی بود. دیوتا و همکاران (۶) در مطالعه ساختار هندسی و خصوصیات رشدی ارقام برنج در بنگلادش اظهار داشتند، مطالعات صورت گرفته بر روی ارقام بومی منطقه بنگلادش نشان داد، افزایش صفات شاخص سطح برگ و نسبت سطح برگ، منجر به کاهش شاخص برداشت می‌شود. نتایج آزمایش آنها نشان داد که سطح فتوسنتز کننده که توسط LAI و LAR بالاتر نشان داده می‌شود، یک عامل محدودکننده نیست بلکه، اختصاص آسیمیلات‌ها از ساقه به دانه عامل کاهش عملکرد است. به علاوه آن‌ها نتیجه گرفتند که ارقام پر محصول برنج نسبت به ارقام بومی منطقه، LAI بیشتری داشته در نتیجه، ماده خشک بیشتری تولید کردند. مقدار فتوسنتز با افزایش مدت زمان فتوسنتز روزانه یا افزایش دوام سطح برگ (LAD) در طول دوره پر شدن دانه، بیشتر می‌شود (۲۳). بسیاری از محققان همبستگی بالائی ببین عملکرد دانه و LAD (r=۰/۹۶)، پس از گلدهی به‌دست آوردند (۱۷). مورچی و همکاران (۲۹) اظهار کردند که در واریته‌های پر محصول برنج، NAR با RGR، وزن مخصوص برگ (SLW) و تجمع ماده خشک (DMA) همبستگی مثبتی داشت.

صفات مورفولوژیک به سادگی و با دقت زیاد قابل اندازه‌گیری بوده، پس گزینش بر اساس این صفات راه مطمئن و سریعی برای غربال جوامع گیاهی و بهبود عملکرد می‌باشد (۴۶،۸). از طرفی کنترل بهتر اثر محیط در برنامه‌های اصلاحی می‌تواند برای بهبود عملکرد از طریق انتخاب غیرمستقیم برای صفاتی که همبستگی بالایی با عملکرد دارند و کمتر به تغییرات محیط حساس هستند صورت گیرد (۴). با استفاده از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام می‌توان اثر صفات غیر مؤثر یا کم تأثیر را در مدل رگرسیونی بر روی عملکرد را حذف نموده و تنها صفاتی را که میزان قابل ملاحظه‌ای از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند مورد بررسی قرار داد (۹). بنابراین، بررسی دقیق‌تر روابط بین صفات با عملکرد دانه به منظور تعیین بهترین شاخص‌های انتخاب غیرمستقیم به کمک تجزیه و تحلیل رگرسیون امری ضروری به نظر می‌رسد (۳۹). برادران و همکاران (۳) نیز با بررسی تعیین صفات مطلوب و تأثیرگذار بر روی عملکرد کلزا گزارش کردند که رگرسیون گام‌به‌گام یکی از بهترین روش‌ها برای شناسایی صفات تأثیر گذار جهت تحقیقات بیشتر برای بالابردن عملکرد می‌باشد.

هدف از این تحقیق، بررسی روابط بین صفات مختلف با عملکرد دانه و تعیین بهترین شاخص‌های انتخابی در جهت بهبود ژنتیکی این صفات در گیاه برنج با استفاده از روش‌های رگرسیونی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف تعیین صفات مؤثر بر تغییرات عملکرد دانه به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده با دو عامل و سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. کشت به‌روش خشکه‌کاری در کرت‌های ۳×۴ متری انجام شد. طرح به مدت دو سال (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایران در منطقه خوزستان که در ۷۰ کیلومتری شمال اهواز حدفاصل دو رودخانه کرخه و کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه و ارتفاع ۳۳ متر از سطح دریا واقع شده است، انجام شد.

مشخصات فیزیکی-شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ نشان داده شده است. چهار تیمار آبیاری شامل تناوب‌های یک روزه یا شاهد (رایج منطقه) (I1) و تناوب‌های سه (I2) پنج (I3) و هفت روزه (I4) به عنوان سطوح عامل اصلی و ۱۲ ژنوتیپ برنج (جدول ۲) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

بذر خشک هریک از ژنوتیپ‌ها پس از تهیه زمین توسط بذرکار همدانی در ردیف‌های ۲۰ سانتی‌متری برای کشت آماده شد و سپس تیمارهای آبیاری از اواسط پنجه‌زنی اعمال شد. کرت‌ها با آبی که توسط پمپ تأمین و کنترل می‌گردد تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر آبیاری شدند و پس از آن آبیاری متوقف شد. این روند در تمام دوره رشد و هر چهار تیمار آبیاری اعمال

شد. برای جلوگیری از نفوذ آب به کرت‌های مجاور تمام پشته‌ها تا عمق یک‌متری داخل خاک و نیز دیواره جوی‌های آبیاری توسط پلاستیک پوشانده شدند. نوع تیمار آبی نیز با توجه به شرایط و پتانسیل آب انتخاب و برای تعیین میزان آب ورودی به درون کرت‌ها با توجه به ارتفاع آب و اندازه کرت در طول مدت آبیاری که حدوداً ۷ ساعت بود، همچنین با توجه به دبی آب که از طریق پمپ تعیین می‌گردید اندازه‌گیری شد. برخی پارامترهای هواشناسی در جدول شماره ۳ آورده شده است. برای تأمین عناصر غذایی؛ نیتروژن از منبع اوره به میزان ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت ۲۵ درصد پایه (۲۵–۲۰ روز پس از سبز شدن) و ۷۵ درصد در سه تقسیط ۲۵ درصد به‌عنوان سرک‌های اوّل تا سوم به ترتیب در ابتدای شکل‌گیری جوانه اولیه خوشه (۴۰– ۳۵ روز پس از مصرف کود پایه) ابتدای آبستنی (۳۵–۳۰ روز پس از سرک اوّل) و زمان ظهور ۵۰ درصد خوشه استفاده شد. کود فسفره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل، کود پتاسه به میزان ۱۰۰ و عنصر روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات به صورت خاک کاربرد مصرف شدند. کنترل علف‌های هرز به صورت تلفیقی شامل وجین و مصرف سم توفوردی به میزان ۱/۵–۲ لیتر در هکتار (۴۰– ۳۵ روز پس از سبز شدن) انجام گردید

جهت محاسبه عملکرد دانه پس از رسیدن ۸۵ درصد دانه‌ها در خوشه برداشت در مساحت ۱/۵ متر مربع از میانه هر کرت بعد از حذف حاشیه‌ها صورت گرفت، سپس با رطوبت ۱۴ درصد توزین شدند. برای اندازه‌گیری خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی به روش‌های زیر عمل شد.

جهت تعیین روند تغییرات وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، ماده خشک کل، سرعت فتوسنتز، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، ماده خشک پانیکول، PWR، LAD، BMD، SLA، LAR، L/S، SWR، LWR، SLW و RGR نیز اقدام به نمونه‌برداری در دوره‌های ۲۵ روزه، از آغاز رشد به منظور تعیین نقش صفات مزبور در میزان عملکرد نهایی محصول تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری صورت پذیرفت. سطح برگ هر ۲۵ روز از میانگین ۳۰ نمونه توسط دستگاه Leaf Area Meter (مدل LI-31000, LI-COR, Lincoln, NE) قبل از خشک شدن آن‌ها اندازه‌گیری شد. سرعت رشد محصول نیز از میانگین ۳۰ نمونه به ترتیب با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید.

$LAI=LA/SA$

سطح زمین (متر مربع)=SA سطح برگ (متر مربع)=LA

$CGR=1/SA\times dw/dt$

میانگین دو وزن خشک اولیه و ثانویه=dw میانگین دو زمان نمونه‌برداری اولیه و ثانویه=dt

$NAR=CGR/LAI$

$(LA_1 + LA_2)/2\times(t_2 - t_1)=LAD$

$BMD=(W_1 + W_2)/2\times(t_2 - t_1)$

تغییرات سطح برگ در دو فاصله زمانی=$(LA_1 + LA_2)$

تغییرات وزن برگ در دو فاصله زمانی=$(W_1 + W_2)$

فواصل زمانی نمونه برداری شده=$(t_2 - t_1)$

توزین ۳۰ نمونه=وزن خشک پانیکول

وزن خشک پانیکول در واحد سطح / وزن خشک کل در واحد سطح=PWR

$$SLA = \frac{\left(\frac{LA1}{LW1} + \frac{LA2}{LW2}\right)}{2}$$

$$LAR = \frac{\left(\frac{LA1}{W1} + \frac{LA2}{W2}\right)}{2}$$

$$L/S = \frac{LW}{SW}$$

LA1 و LA2: میانگین سطح برگ در دو فاصله زمانی

LW1 و LW2: میانگین وزن برگ در دو فاصله زمانی

W1 و W2: میانگین وزن خشک گیاه در دو فاصله زمانی

LW و SW: به ترتیب میانگین وزن خشک برگ و ساقه

$$SLW = \frac{\left(\frac{LW1}{LA1} + \frac{LW2}{LA2}\right)}{2}$$

$$LWR = \frac{\left(\frac{LW1}{W1} + \frac{LW2}{W2}\right)}{2}$$

$$SWR = \frac{\left(\frac{SW1}{W1} + \frac{SW2}{W2}\right)}{2}$$

LW1 و LW2: میانگین وزن برگ در دو فاصله زمانی

LA1 و LA2: میانگین سطح برگ در دو فاصله زمانی

SW1 و SW2: وزن ساقه در دو فاصله زمانی W1 و W2: وزن خشک کل گیاه در دو فاصله زمانی

$$RGR = \frac{LnW2 - LnW1}{T2 - T1}$$

W1= وزن اولیه (گرم)، W2= وزن ثانویه (گرم)،

T1= زمان اولیه (روز)، T2= زمان ثانویه (روز)

RGR= سرعت رشد محصول

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1. Soil characteristics of the research farm

عمق خاک (cm)	pH	EC	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	عناصر ریز مغذی (ppm)				بافت خاک
						Cu	Zn	Mn	Fe	
۰-۳۰	۷/۳	۲/۵	۰/۰۹	۱۱	۲۲۱	۳/۱	۲/۵	۳/۵	۱۵/۲	لومی-رسی

جدول ۲- برخی ویژگی‌ها و شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده در تحقیق

Table 2. Some features of used pedigree genotypes in the study

	ژنوتیپ	تلاقی	منشاء	تحمل به خشکی
V_1	VANDANA	C 22/KALAKERI	هند	۱
V_2	IR 78908-193-B-3-B	VANDANA/IR 65	ایری	۱
V_3	IR 81429-B-31	IR 78908-44/IR 78908-86	ایری	۱
V_4	IR 78875-176-B-1-B	PSB RC 9/IR 64	ایری	۳
V_5	IR 79971-B-202-2-4	VANDANA/WAYRAREM	ایری	۵
V_6	IR 80508-B-194-4-B	PSB RC 9/AUS 257	ایری	۷
V_7	IR 80508-B-194-3-B	PSB RC 9/AUS 257	ایری	۵
V_8	IR 79907-B-493-3-1	IR 55419-04/IR 64	ایری	۵
V_9	IR 81025-B-347-3	NSIC RC 140/IR 74371-3-1-1	ایری	۵
V_{10}	IR 81025-B-327-3	NSIC RC 140/IR 74371-3-1-1	ایری	۳
V_{11}	ندا	SANG TARAM/AMOL$_3$	ایران	۳
V_{12}	طارم	-	ایران	۹

جدول ۳- میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت ماهیانه (کاشت تا برداشت) طی سال‌های زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور

Table 3. Average of minimum and maximum temperature of months (sowing to harvesting) in Shavoor Agricultural Research Station for two years (2014 and 2015)

ماه	(۱۳۹۳)		(۱۳۹۴)	
	میانگین حداقل (درجه سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	میانگین حداقل (درجه سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر (درجه سانتی‌گراد)
خرداد	۲۶	۴۴	۲۶/۶	۴۶/۲
تیر	۲۷/۸	۴۶/۷	۲۷/۸	۴۵/۷
مرداد	۲۷/۸	۴۶/۵	۲۹/۱	۴۷/۵
شهریور	۲۵/۲	۴۴/۵	۲۷/۴	۴۴/۶
مهر	۲۱	۳۸	۲۲/۲	۳۹/۵
آبان	۱۲/۷	۲۹	۱۵/۸	۲۷/۸
میانگین	۲۳/۴۲	۴۱/۴۵	۲۴/۸۲	۴۱/۸۸

کلیه داده‌های حاصل از آزمایش پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و SPSS تجزیه واریانس (مرکب) و همبستگی انجام شد و میانگین صفات مختلف به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

۲۵ روز پس از کاشت: نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغییر وابسته و صفات مورفوفیزیولوژیکی نشان داد که در این مرحله رشد تنها صفات L/S (وزن ساقه/وزن برگ)، SLA (سطح ویژه برگ)، LAI (شاخص سطح برگ) و وزن برگ بر تغییرات عملکرد دانه به‌عنوان محصول نهایی و اقتصادی گیاه برنج تأثیر معنی‌داری داشتند. گرچه تأثیرات عمدتاً به‌دلیل اینکه مراحل ابتدایی رشد گیاه است بسیار کم می‌باشد و برتری صفات مزبور بر عملکرد دانه به‌خصوص در فرآیند اصلاح ارقام و به نژادی بسیار حائز اهمیت است. لازم به‌توضیح است که به دلیل بالا بودن تعداد داده‌ها درصد R^2 کم شده ولی در مجموع می‌توان برتری و فزونی و اهمیت صفات را در این مرحله رشدی بر عملکرد نهایی دانه بدست آورد. از بین صفات مزبور نسبت وزن برگ به ساقه (L/S) بیشترین تأثیر را در جهت منفی بر عملکرد دانه دارا می‌باشد (جدول ۴). این امر می‌تواند به‌دلیل افزایش تنفس بر اثر سایه‌اندازی و همچنین تنفس بیشتر در برگ‌های با وزن بیشتر در این مرحله رشدی که بوته کوتاه است باشد گرچه مثبت بودن برتری برگ به ویژه از نظر تعداد و سطح نسبت به ساقه در امر تولید مواد فتوسنتزی و کاهش تنفس به‌دلیل کم بودن بافت لیگنینی و نگهدارنده آن می‌تواند در مراحل بعدی رشد بسیار مثبت باشد. بر این اساس هرچه نسبت وزن متعادل‌تر باشد متناسب با آن فتوسنتز بیشتری نیز صورت می‌گیرد و می‌تواند علاوه بر تسریع در رشد رویشی مواد فتوسنتزی بیشتری را نیز به صورت قند ذخیره نمایید که در مرحله زایشی صرف پُرشدن دانه و رشد قسمت زایشی گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد نهایی ژنوتیپ‌های برنج می‌شود. نتایج بدست آمده با سایر بررسی‌های (۲۸،۵،۲۷) انجام شده پیرامون بحث اخیر مبنی بر نقش مؤثر و بالای افزایش نسبت وزن برگ به وزن ساقه هم‌خوانی دارد.

جدول ۴- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه و صفات مورفوفیزیولوژیکی در ۲۵ روز پس از کاشت
Table 4. Stepwise regression analysis of grain yield and morpho-physiological characteristics after 25 days from planting

مدل	*Partial R2*	*Model R2*
Y=۴۶۹۷/۱۱۰−۱۱۹/۸۶ L/S	۰/۰۹	۰/۰۹
Y=۵۳۸۶/۱۱−۱۷۵/۶۱ L/S−۱۲۲۴۳۶/۷۷ SLA	۰/۰۹+۰/۰۳	۰/۱۲
Y=۵۰۶۵/۵۵−۱۸۳/۶۱ L/S−۱۷۳۸۶۱/۰۲ SLA+۹۰۵/۳۸LAI	۰/۰۹+۰/۰۳+۰/۰۱	۰/۱۴
Y=۵۳۱۵/۸۸−۹۰/۲۲ L/S−۲۳۸۱۸۳/۰۴ SLA+۱۴۱۴/۰۸ LAI−۴/۸۴۹ LW	۰/۰۹+۰/۰۳+۰/۰۱+۰/۰۱	۰/۱۵

L/S، SLA، LAI و LW: به ترتیب نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک ساقه، سطح ویژه برگ، شاخص سطح برگ و وزن برگ می‌باشند.

۵۰ روز پس از کاشت: همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود با افزایش رشد گیاه تعداد صفات مؤثر بیشتر و با درصد تبیین بالاتری بر تغییرات عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری گذاشته‌اند. در مجموع به ترتیب اهمیت صفات NAR، L/S، SWR، وزن ساقه و BMD بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر عملکرد دانه در ۵۰ روز پس از کاشت داشتند. به ترتیب اهمیت صفات شامل: NAR، SWR، وزن ساقه، L/S و BMD بودند. از این بین صفت NAR بیشترین درصد از تغییرات حاصله در این مرحله فنولوژیکی رشد را توجیه کرد. با بررسی دقیق‌تر نتایج در می‌یابیم که این صفت تأثیر خود را در جهت منفی بر عملکرد دانه گذاشته است که می‌تواند به‌دلیل هزینه مصرفی این عامل در تنفس باشد گرچه در نهایت به صورت غیرمستقیم از طریق افزایش فتوسنتز در برگ و تولید مواد فتوسنتزی برگ می‌تواند منجر به‌افزایش عملکرد شود که در این خصوص با دیگر بررسی‌های (۶) انجام شده پیرامون بحث اخیر مطابقت دارد.

جدول ۵- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه و صفات مورفوفیزیولوژیکی در ۵۰ روز پس از کاشت
Table 5. Stepwise regression analysis of grain yield and morpho-physiological characteristics after 50 days from planting

مدل	*Partial R^2*	*Model R^2*
Y=۴۶۸۷/۳۲−۱۰۰/۳۴ NAR	۰/۱۰	۰/۱۰
Y=۴۸۵۲/۴۹−۸۶/۲۸ NAR−۱۲۷/۸۶ L/S	۰/۱۰+۰/۰۲	۰/۱۲
Y−۷۱۶۱/۹۷−۸۵/۴۷ NAR−۵۰۶/۵۶ L/S−۳۸۲۳/۴۸ SWR	۰/۱۰+۰/۰۲+۰/۰۶	۰/۱۸
Y=۶۹۱۰/۴۷−۹۲/۶۵ NAR−۴۹۰/۵۵ L/S−۵۰۴۲/۵۳ SWR+۵/۰۱ SW	۰/۱۰+۰/۰۲+۰/۰۶+۰/۰۲	۰/۲۰
Y=۷۳۷۸/۶۹−۸۹/۸۵ NAR−۳۲۲/۹۹ L/S−۶۵۵۶/۷۷ SWR−۱۱/۰۳ SW −۰/۱۵ BMD	۰/۱۰+۰/۰۲+۰/۰۶+۰/۰۲+۰/۰۱	۰/۲۱

NAR، L/S، SWR، BMD و SW: به ترتیب سرعت فتوسنتز خالص، نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک ساقه، نسبت وزن ساقه، دوام بیوماس و وزن ساقه می‌باشند.

۷۵ روز پس از کاشت: نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در این مرحله رشدی یک تغییر عمده داشت و آن اضافه شدن صفات مرتبط با پانیکول بود. همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود وزن پانیکول به تنهایی بیشترین درصد تغییرات حاصله در عملکرد دانه در جهت مثبت را توجیه کرد. دیگر صفات مؤثر بر عملکرد دانه شامل: NAR (R^2= ۰/۰۱۴)، SLA (R^2= ۰/۰۵۱)، وزن برگ (R^2= ۰/۰۱) و LAR (R^2= ۰/۰۰۸) بود. بهترین مدل، مدل R^2= ۰/۲۷۹ بود. برتری وزن خوشه و تأثیر مثبت این صفت بر روند تغییرات عملکرد دانه می‌تواند به‌دلیل تأثیر بیشتری که این قسمت از گیاه بر روی رشد زایشی و افزایش پُرشدن دانه به ویژه در شرایط بحرانی و تنش‌زا دار باشد. نتایج اخیر به واسطه نزدیکی بسیار زیاد خوشه به مخزن اصلی گیاه از طریق انتقال مجدد و یا هدایت مطلوب‌تر شیره پرورده به‌دانه می‌باشد (۲۱ و ۲۸). پس از این صفت بیشترین صفت تبیین کننده تغییرات عملکرد دانه صفت SLA بود که وارد مدل رگرسیونی شد. منفی بودن علامت این صفت در مدل را می‌توان به دلیل کاهش راندمان نوری در فرایند فتوسنتز و به دلیل عبور بیش از حد نور از برگ‌های نازک و هدر روی نور نسبت داد (۴۰،۲۸). صفتی که در رده دوم از اهمیت با توجه به درصد تغییرات حاصله در عملکرد دانه قرار داشت صفت سرعت فتوسنتز خالص (NAR) بود که پیشتر دلیل آن بیان گردید. افزایش وزن برگ به منزله افزایش مخازن فعال تولید مواد فتوسنتزی می‌باشد به این صورت که هرچه وزن برگ بیشتر باشد گیاه توان تولید آسیمیلات بیشتری دارد که در نهایت سبب تجمع و انتقال این مواد به بخش زایشی می‌شود و این خود منجر به‌افزایش عملکرد دانه خواهد شد (۴۰). در آخر نسبت سطح برگ (LAR) توانست تأثیر مثبتی بر روند تغییرات عملکرد دانه با توجه به نقشی که در افزایش فتوسنتز با افزایش نسبت سطح برگ و همچنین شکل‌گیری اندازه و تعداد گلچه دارا بود، داشته باشد (۲۸،۴۰).

جدول ۶- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه و صفات مورفوفیزیولوژیکی در ۷۵ روز پس از کاشت
Table 6. Stepwise regression analysis of grain yield and morpho-physiological characteristics after 75 days from planting

مدل	*Partial R2*	*Model R2*
Y=۲۷۶۴/۹۰+۳۰/۸۳ PW	۰/۲۰	۰/۲۰
Y=۳۳۴۷/۷۹+۲۶/۴۴ PW −۱۵۱/۶۵ NAR	۰/۲۰+۰/۰۱	۰/۲۱
Y=۴۵۱۴/۵۴+۲۸/۱۲ PW −۳۹۴/۰۷ NAR−۵۰۶۰۱/۶۷ SLA	۰/۲۰+۰/۰۱+۰/۰۵	۰/۲۶
Y=۴۲۷۵/۷۳+۲۶/۵۵ PW −۴۴۳/۴۴ NAR−۶۲۹۴/۲۲ SLA+۱/۳۶ LW	۰/۲۰+۰/۰۱+۰/۰۵+۰/۰۱	۰/۲۷
Y=۳۱۹۱/۲۶+۲۳/۳۶ PW −۳۱۷/۹۸ NAR−۹۳۴۸۶/۳۴ SLA+۲/۳۵ LW +۲۱۵۱۲/۱۵ LAR	۰/۲۰+۰/۰۱+۰/۰۵+۰/۰۱+۰/۰۱	۰/۲۸

NAR، SLA، LAR، PW و LW: به ترتیب سرعت فتوسنتز خالص، سطح ویژه برگ، نسبت سطح برگ، وزن پانیکول و وزن برگ می‌باشند.

۱۰۰ روز پس از کاشت: نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام صفت عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل (جدول ۲) حاکی از این است که بیشترین درصد توجیه از تغییرات این صفت توسط صفات سرعت رشد محصول (CGR)، وزن ساقه، نسبت برگ به ساقه، نسبت سطح برگ (LAR) و نسبت وزن پانیکول به وزن کل (PWR) بود. سایر صفات مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر مدل رگرسیونی نداشته که از این جهت بخشی از تفاوت بین ژنوتیپ‌های مختلف برنج از نظر عملکرد دانه گیاه را می‌توان به تفاوت در این صفات نسبت داد. همانگونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود سرعت رشد محصول به تنهایی بخش عمده‌ایی از تغییرات را شامل می‌شود. با توجه به رابطه مثبت این صفت با عملکرد دانه می‌توان نتیجه گرفت که این صفت وقتی بر عملکرد دانه مؤثر است که بوته به اندازه کافی بزرگ و جامعه گیاهی متراکم شده باشد تا بتواند از تمام عوامل محیطی حداکثر بهره را ببرد. در نهایت افزایش سرعت رشد محصول نشان‌دهنده توانایی گیاه در افزایش ماده خشک رویشی و زایشی است که رشد رویشی به صورت غیرمستقیم مانند انتقال مجدد و زایشی مستقیم از طریق فتوسنتز جاری می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه گردد. محققین دیگر (۴۰) نیز به نتایج مشابهی مبنی بر تأثیر عمده و مثبت سرعت رشد محصول (CGR) نسبت به سایر صفات بر عملکرد دانه در این مرحله رشدی دست یافتند.

جدول ۷- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه و صفات مورفوفیزیولوژیکی در ۱۰۰ روز پس از کاشت
Table 7. Stepwise regression analysis of grain yield and morpho-physiological characteristics after 100 days from planting

مدل	*Partial R^2*	*Model R^2*
Y=۵۳۹/۴۲+۳۰۸/۱۰ CGR	۰/۳۲	۰/۳۲
Y=۳۶۴/۵۴+۴۰۱/۳۷ CGR+۱/۳۴ SW	۰/۳۲+۰/۰۲	۰/۳۴
Y=۱۸۴۸/۱۶+۴۹۵/۵۱ CGR−۱۲۰۲/۴۹** SW−۴/۰۷ L/S	۰/۳۲+۰/۰۲+۰/۰۶	۰/۴۰
Y=۱۲۵۳/۸۸+۵۰۰/۴۰ CGR −۴/۲۸ SW-۱۰۸۷/۰۵ L/S+۱۹۲۰۲/۶۳ LAR	۰/۳۲+۰/۰۲+۰/۰۶+۰/۰۲	۰/۴۲
Y=۱۶۵۲/۵۶+۶۴۸/۶۸ CGR−۶/۴۶ SW −۱۴۷۰/۸۶ L/S+۲۷۰۴۶/۵۳ LAR−۴۵۴۴/۳۱PWR	۰/۳۲+۰/۰۲+۰/۰۶+۰/۰۲+۰/۰۳	۰/۴۵

CGR، L/S، LAR، PWR و SW: به ترتیب سرعت رشد محصول، نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک ساقه، نسبت سطح برگ و نسبت وزن خشک پانیکول به وزن خشک کل می‌باشند

۱۲۵ روز پس از کاشت: این مرحله از رشد که بحرانی‌ترین مرحله پُرشدن دانه در برنج می‌باشد و این یکی از دلایل عمده در افزایش درصد تأثیرگذاری صفات مؤثر بر عملکرد دانه در این مرحله از رشد می‌باشد. مدل رگرسیونی با R^2=۰/۵۵۵ به عنوان بهترین مدل برازش داده شده که در آن صفات سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت فتوسنتز خالص (NAR)، سطح ویژه برگ (SLA)، نسبت برگ به ساقه (L/S) و وزن برگ از بین صفات مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر روند تغییرات عملکرد دانه در این مرحله از رشد (زادوکس ۶۰) داشتند. با اختلاف بسیار زیاد نسبت به سایر صفات مزبور سرعت رشد محصول (CGR) بیشترین درصد تغییرات (R^2= ۰/۴۵۰) را داشت. همانند مرحله قبلی رشد، رابطه مثبت این صفت با عملکرد دانه نشان دهنده نقش مؤثر سرعت رشد محصول در افزایش عملکرد دانه با افزایش زیست‌توده و نقشی که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در پر شدن دانه دارد می‌باشد و در نهایت باعث شده که بیشترین درصد از تغییرات افزایش عملکرد دانه حاصل شود (۴۷،۴۰). با توجه به جدول ۷ و ۸ سرعت رشد محصول (CGR) در مراحل آخر رشد که بیشترین تأثیر را در پُرکردن دانه‌دارا می‌باشد نسبت به سایر صفات بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد دانه داشت که لزوم مطالعات بیشتر در جهت برنامه‌های به‌نژادی و اصلاحی برای افزایش عملکرد دانه را می‌طلبد. همچنین بالابودن درصد تبیین سرعت رشد محصول (CGR) در این مرحله از رشد بر عملکرد دانه می‌تواند نشان دهنده اهمیت صفت مزبور جهت تحقیقات اصلاحی و به‌نژادی در راستای افزایش عملکرد دانه بویژه در این مرحله از رشد باشد. نتایج بدست آمده با سایر محققان (۳۰،۱۴) مبنی بر تأثیر مثبت و معنی‌دار شاخص سرعت رشد محصول (CGR) در مراحل بحرانی و پایانی رشد محصول برنج از زمان ظهور خوشه تا رسیدن فیزیولوژیکی مطابق نتایج دو مرحله فنولوژیکی ۱۰۰ و ۱۲۵ روز پس از کاشت مورد بررسی بر عملکرد دانه کاملاً مطابقت داشت.

جدول ۸- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه و صفات مورفوفیزیولوژیکی در ۱۲۵ روز پس از کاشت

Table 8. Stepwise regression analysis of grain yield and morpho-physiological characteristics after 125 days from planting

مدل	*Partial R^2*	*Model R^2*
Y=−۵۳۳/۹۴+۴۷۱/۳۴CGR	۰/۴۵	۰/۴۵
Y=۱۴۶/۶۸+۴۵۴/۸۹ CGR−۱۵۳/۱۴NAR	۰/۴۵+۰/۰۳	۰/۴۸
Y=۹۰۸/۵۸+۴۵۷/۱۸ CGR−۲۷۰/۷۷ NAR−۳۹۳۶۳/۵۲SLA	۰/۴۵+۰/۰۳+۰/۰۲	۰/۵۰
Y=۱۳۳۶/۴۶+۴۵۱/۷۴ CGR−۱۹۹/۱۲ NAR−۶۲۴۰۴/۰۰ SLA−۳۱۶/۰۴L/S	۰/۴۵+۰/۰۳+۰/۰۲+۰/۰۲	۰/۵۲
Y=۵۷۰/۶۷+۳۱۵/۶۳ CGR−۵۴/۴۵ NAR−۲۳۸۴/۵۱ SLA−۸۲۳/۲۹ L/S+۵/۹۵LW	۰/۴۵+۰/۰۳+۰/۰۲+۰/۰۲+۰/۰۴	۰/۵۵

CGR، NAR، SLA، L/S و LW: به ترتیب سرعت رشد محصول، سرعت فتوسنتز خالص، سطح ویژه برگ و نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک ساقه می‌باشند.

نتایج حاصل از بررسی‌های رگرسیونی نشان داد که با افزایش رشد و نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی صفات با درصد بیشتری می‌توانند تغییرات خود را بر عملکرد دانه اعمال کنند. به‌نحوی که در اوایل رشد وزن برگ رابطه منفی و شاخص سطح برگ رابطه مثبتی با عملکرد دانه داشتند اول به‌دلیل افزایش تنفس و هدرروی و کاهش راندمان مصرفی انرژی و دوم به دلیل افزایش فتوسنتز و مواد تولیدی ناشی از آن برای افزایش رشد رویشی و زایشی که در نهایت به‌ترتیب به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. در اواسط رشد با اضافه‌شدن صفات زایشی وزن پانیکول بیشترین رابطه مثبت را با عملکرد دانه به‌دلیل افزایش تعداد و وزن گلچه و بافت رویشی آن که در نهایت می‌تواند منجر به افزایش پُرشدن دانه با سهولت در انتقال مواد گردد، داشت. در مراحل بحرانی و پایانی رشد این صفت سرعت رشد محصول بود که به تنهایی با درصد بالایی رابطه مثبت و معنی‌داری در روند تغیرات افزایشی عملکرد دانه داشت. افزایش وزن زیست‌توده در اجزای رویشی که به صورت غیرمستقیم می‌توانند از طریق انتقال مجدد منجر به افزایش وزن عملکرد دانه شوند و افزایش وزن صفات زایشی که به‌صورت مستقیم منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شوند را می‌توان از علل نتایج این مطالعه برشمارد. همچنین می‌توان نتیجه گرفت با متمرکز کردن برنامه‌های به‌نژادی روی صفات مذکور که در عملکرد دانه مؤثر بودند بویژه افزایش سرعت رشد محصول (CGR) در مراحل شروع رشد زایشی محصول به افزایش حداکثری عملکرد دست یافت. بنابراین می‌توان با افزایش عملکرد دانه برنج به‌عنوان محصول استراتژیک در سطح کمتر و همچنین افزایش راندمان مصرفی مواد مورد نیاز گیاه در جهت بالا بردن تعداد و وزن دانه به عنوان محصول اقتصادی نهایی گیاه امیدوار شد.

منابع

1. Akbari, G.h., R.A. Salehi Zarkhuni, M. Yvsfy-Rad, M. Nasiri, C. Motaghi and W.A. Ltfy-Fr. 2007. Evaluation of some morphological characteristics affecting the performance and yield components of rice genotypes. Journal of Agricultural Sciences, 3(2): 137-130 (In Persian).
2. Arfani, A. and M. Nasiri. 2001. Evaluation of some morphological and physiological characteristics affecting rice yield. Publications Rice Research Institute-Department of Mazandaran, 43 pp (In Persian).
3. Baradaran, R., E. Majidi, F. Darvish and M. Azizi. 2007. Study of Correlation Relationships and Path Coefficient Analysis Between Yield and Yield Components in Rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Sciences, 12(4): 811-818 (In Persian).
4. Dawari, N.H. and O.P. Luthra. 1991. Character association studies under high and low environments in wheat (*Triticum aestivum L.*). Indian. Journal of Agricalture Research, 25: 68-72.
5. Durand, M., B. Porcheron, N. Hennion, L. Maurousset, R. Lemoine and N. pourtau. 2016. Water Deficit Enhances C Export to the Roots in Arabidopsis thaliana Plants with Contribution of Sucrose Transporters in Both Shoot and Roots. Plant Physiology, 170(1): 1460-1479.
6. Dutta, R.K., M.A. Baset Mia and S. Khanam. 2002. Plant architecture and growth characteristics of fine grain and aromatic rices and their relation with grain yield. Bangladesh Crop Physiology, 32: 95-102.
7. Egli, D.B. 1998. Alternation in plant growth and dry matter distribution in soybean. Agronomy Journal. 80: 86-90.
8. Farhodi, R., M. Kuchk-Pur and A.R. Safahani Langroodi. 2007. Evaluation of salt tolerance mechanisms in three varieties. Proceedings of the First Symposium on canola and canola oil. Islamic Azad University Branch, 300 pp (In Persian).
9. Farshadfar, E., G. Galiba, B. Kozsegi and J. Sutka. 1993. Some aspects of the genetic analysis of drought tolerance in wheat. Cereal Research Communications, 21: 323-330.
10. Gent, M.P.N. 1995. Canopy light, gas exchenge and biomass in reduced height of winter wheat isolines of winter wheat crop. Crop Science, 38: 36-42.
11. Gravois, K.A. and R.S. Helms. 1992. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seedling growth rate. Agronomy Journal, 84: 1-4.
12. Hashemi Dezfooli, A., A. Kochaci and M. Bnaean. 1995. Increased crop yield. Publications University of Mashhad, 243 p (In Persian).
13. Hashemi, Z.A., A.A. Gol-Prvr and M. Rasoli. 2008. Analysis of correlation, regression and causality performance and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). The new findings agriculture, 2(4): 419-412 (In Persian).
14. Horie, T., H. Yoshida, T. Shiraiwa, H. Nakagawa, E. Kuroda, T. sasaki, M. Hagiwara, T. Kobata, M. Ohnishi and K. Kobayashi. 2003. Analysis of benotype by environment interaction in yield formation processes of rice grown under a wide environmental range in Asia. 10. Asia Rice Network (ARICENET) research and preliminary results. Japanise Journal of Crop Science, 72(2): 88-89 (In Japanese).

15. Horton, P. 2000. Prospects for crop improvement trought the genetic manipulation of photosynthesis morphological and biochemical aspect of light capture. Journal of experimental Botany, 51: 475-485.
16. Kobata, T., M. Sugware and S. Tcx Akata. 2000. Shading during the early grain filling period not affect potential grain dry matter increase in rice. Agronomy Journal, 92: 411-417.
17. Kochaci, A. and M. Bnaean. 1994. Physiology crop yield. Publications University of Mashhad, 380 pp (In Persian).
18. Khajepour, M.R. 2008. Principals and Essentials of crop production. Jihad-University Press. Isfahan University of Technology, 388 pp (In Persian).
19. Khodabande, N. 1998. Cereals. Tehran University Press. 537 pp (In Persian).
20. Kush, G.S. 1993. Breeding rice for sustainable agriculture system. Crop Science Society of America, 1: 189-199.
21. Limouchi, K., S.A. Siadat, A. Gilani. 2013. Sowing dates effect on yield and growth indexes of rice cultivars in northern Khozestan. Iranian society of Agronomy and plant breeding sciences, 6(2): 167-184.
22. Mahdavi, F. 2004. Study physiological and morphological indices of growth in new and old varieties of rice. Mazandaran University master's thesis, 131 p (In Persian).
23. Mahdavi, F., M.A. Ishmael, A. Falah and H. Pirdashti. 2005. The study morphological, physiological indices, yield and yield components in Landrace and Improved Rice (*Oryza sativa L.*). Iranian Journal of Crop Sciences, 7(4): 297-280 (In Persian).
24. Matsou, T., K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara, and H. Hirata. 1995. Science of the rice plant. Food and Agriculture Policy Research Center of Japan, Volume2: Physiology.
25. Mohammadi, S., M. Nahavi and A. Mohadasi. 2015. Effects of intermittent irrigation at different growth stages on yield and yield components of rice cultivars. Journal of Research and Development (Agriculture), 2(107): 114-108 (In Persian).
26. Mohammadnia, S., A. Asghari, O. Sofalian, H, Mohammaddoust-Chamanabad, R. Karimizadeh, and A. Shokouhian. 2017. Evaluation of Durum Wheat Lines using Drought Stress Indices. Journal of Crop Breeding, 8(20): 11-23 (In Persian).
27. Mohd-Zain, N.A. and M. Razi-Ismail. 2016. Effects of potassium rates and types on growth, leaf gas exchange andbiochemical changes in rice *(Oryza sativa)* planted under cyclic water stress. Agricultural Water Management, 164(1): 83-90.
28. Mosavy, S.A., M.R. Khaledian, A. Ashrafzadeh and P. Shahinrokhsar. 2016. Effects of limited irrigation on yield and water productivity increasing of three soybean genotypes in Rasht region. Journal of water research agriculture, 29(4): 433-446.
29. Murchie, E. H., Y. Z. Chen, S. Hubbart, S. Peng and P. Horton. 1999. Interactions between Senescence and Leaf Orientation Determine in Situ Patterns of Photosynthesis and Photoinhibition in Field-Grown Rice. Plant Physiology, 119: 553-563.
30. Murchi, E., Y. Jian chang, H. Stella, H. Peter and P. Shaobing. 2002. Are there associations between grain filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field grown rice? Journal of Experimental Botany, 53(378): 2217-2224.
31. Nasiri. M., M. Bahrami and S. Hosseini. 2002. The introduction of new rice varieties with desirable qualities. Publishing your research institution rice, 22 pp (In Persian).
32. Nourbkhshyan, J. and A. Rezai. 1998. curve and growth rate of rice in the region lordagan. Congress Crop Iran, Karaj, Seed and Plant Improvement Institute, September 11-13. pp. 621-620 (In Persian).
33. Nourbkhshyan, J. and A. Rezai. 2008. Correlation between quantitative traits of grain yield rice through path analysis. Iranian Journal of Crop Sciences, 4(1): 25-35 (In Persian).
34. Peng, S. and D. Senadhira. 2003. Genetic enhancement of rice yields. Crop Science, 45: 1238-1246.
35. Pirdashti, H. 1998. Evaluation of the recently opened, re-planting on the transfer of nitrogen and growth indices, yield rice varieties. Agriculture Master's thesis. Tarbiat Modares University. Agriculture is composed of eight, 158 p (In Persian).
36. Rahimian, H., A. Kochaci and A. Zand. 1998. Evolution and adaptation and crop yield. Publishing publishing agricultural education, 241 p.
37. Sahara T., T. Takahashi, T. Kayaba and S. Tsunada. 1992. A new strategy for increasing plant productivy in rice. International Rice Common News, 41:1-4.
38. Saleh, J., N. Alh-Njfy, S.H. Avestan. 2015. Effect of silicon on growth, chemical composition and properties Fyzvlvzhyky some rice in saline conditions. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 19(72): 240-229 (In Persian).
39. Sheikh, F. A., A.G. Rather and S.A. Wani. 1999. Genetic variability and inter-relationship in Toria (*Brassica campestris* L. var. *Toria*). Advances in Plant Sciences, 12(1): 139-143.
40. Tan, X., D. Shao, H. Liu, F. Yang, C. Xiao and H. Yang. 2013. Effects of alternate wetting and drying irrigation on percolation and nitrogen leaching in paddy fields. Paddy Water Environ, 11: 1-15.
41. Tavoosi, M., A. Naderi and G.H.A. Ltfly-Ynh. 2015. Evaluation of wheat genotypes reaction to cold stress at heading stage using physiological indices, yield and yield components. Field Crop Science Iran, 46(1): 113-105.
42. Wells, R., J.V. Borton and T.C. Kilen. 1993. Soybean growth and interception response to differing leaf and stem morphology. Crop Science, 33: 520-524.
43. Yadava, M.S. and O.P. Singh. 1988. Effect of plant growth characters on yield of indian rice cultivars. Indian Journal of Botany, 11: 74-83.
44. Yamauchia, M. 1994. Physiological bases of height yield potential in F1 rice hybrids. Hybrid Rice Technology. 3rd ed., International Rice Research Institute Press, 324 pp.
45. Yang, J., S. Peng, Z. Zhang, Z. Wang, R.M. Visperas and Q. Zhu. 2002. Grain and dry matter yields and partitioning of assimilates in Japonica/Indica hybrid rice. Crop Science, 42: 766-772.
46. Yap, T.C. and B.L. Harvey. 1972. Inheritance of yield components and morpho-physiological traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). Crop Science, 12: 283-286.
47. Zali, H., T. Hasanloo, O. Sofalian, A. Asghari and M. Zeinalabedini. 2017. Appropriate Strategies for Selection of Drought Tolerant Genotypes in Canola. Journal of Crop Breeding, 8(20): 77-90.

Study of Regression Analysis of Rice Physiological Indices in Different Growth Stages under Khuzestan Condition

Kaveh Limouchi[1], Mehrdad Yarnia[2], Ataollah Siyadat[3], Varahram Rashidi[4] and Abdolali Guilani[5]

1 and 4- Ph.D. Student and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University
2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University (Corresponding author: yarnia@iaut.ac.ir)
3- Professor, University of Agricultural and Natural Resources of Ramin, Ahwaz.
5- Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Khozestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz.
Received: February 14, 2017 Accepted: August 13, 2017

Abstract

This study aimed to investigate the relationship between morphophysiological and phenology traits with grain yield to determine the best indices of direct and indirect selection in the field of genetic improvement of aerobic rice grain yield in Khuzestan province with 12 aerobic rice genotypes. The traits such as include the grain yield as the dependent variable and total dry matter, panicle weight, stem weight, LAI, CGR, NAR, LAR, SLA, ALW, LWR, L/S, SWR, PWR, LAD and BMD as independent variables, which were analyzed by stepwise regression at different growth stages to determine their effect on grain yield. The results showed that on 25 days after planting traits of L/S, SLA, LAI and leaf weight, on 50 days after planting traits of NAR, L/S, SWR, stem weight and BMD, on 75 days after planting traits of NAR, SLA, stem and LAR, on 100 days after planting traits of CGR, stem, L/S, LAR and PWR and on 125 days after planting traits of CGR, NAR, SLA, L/S and leaf affected the grain yield. In order from the beginning to the end of the growth, traits of L/S, NAR, panicle weight, CGR and CGR had caused the greatest changes in the grain yield. According to the critical period of growth, CGR was the most effective trait on the grain yield because of allocation of more assimilates in the reproductive growth instead of vegetative growth during grain filling period, thus it can be an important objective in the breeding researches.

Keywords: CGR, Growth stages, Morphology, Physiology, Stepwise regression