

بررسی روابط هم‌بستگی سرعت و دوره پرشدن دانه با اجزای عملکرد و سایر صفات فیزیولوژیک در ارقام برنج

مهر و مجتبیای زمانی^۱، مسعود اصفهانی^۱، رحیم هنرنژاد^۱ و مهرزاد اله قلی پور^۲

چکیده

به منظور تعیین روابط هم‌بستگی بین سرعت و دوره پر شدن دانه با سایر صفات فیزیولوژیک و اجزای عملکرد و پی بردن به آثار مستقیم و غیر مستقیم صفات مختلف بر سرعت پر شدن دانه، تعداد ۹۳ رقم برنج در سال زراعی ۱۳۸۰ در مزرعه مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در رشت در یک آزمایش بدون طرح آماری مورد ارزیابی قرار گرفتند. خوشه‌های مربوط به ساقه‌های اصلی علامت گذاری شده و ۱۰ روز بعد از گرده‌افشانی در فواصل ۳ روزه برداشت شدند. داده‌های وزن خشک دانه در یک مدل چند جمله‌ای درجه ۳ برازش شد (میانگین R^2 برای کلیه ارقام ۰/۹۸)، و به کمک آن سرعت و دوره پر شدن دانه برای همه ارقام ارزیابی گردید. در این بررسی سرعت پر شدن دانه با صفات وابسته به ظرفیت مخزن یعنی وزن دانه، اندازه دانه و تعداد دانه در خوشه هم‌بستگی نشان داد، ولی با صفات وابسته به مبدأ به جزمقدار کلروفیل برگ پرچم و برگ دوم هم‌بستگی معنی‌داری نداشت. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که وزن نهایی تک دانه، دوره پر شدن دانه و زاویه برگ پرچم سه صفت سهم در سرعت پر شدن دانه هستند، ولی نتایج تجزیه علیت مشخص کرد که فقط دو صفت از سه صفت یاد شده (وزن نهایی تک دانه و دوره پر شدن دانه) بیشترین تأثیر را بر سرعت پر شدن دانه دارند. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام بدون در نظر گرفتن وزن نهایی تک دانه نشان داد که مقدار کلروفیل برگ پرچم، عرض دانه، دوره پر شدن دانه و طول دانه در سرعت پر شدن دانه سهم هستند. چنین به نظر می‌رسد که پس از وزن نهایی دانه که بیشترین اثر مستقیم و مثبت، و دوره پر شدن دانه که بیشترین اثر مستقیم منفی را بر سرعت پر شدن دارند، اندازه دانه نیز بر سرعت پر شدن دانه تأثیر گذار است.

واژه‌های کلیدی: برنج، روند پر شدن دانه، عملکرد، تجزیه علیت

مقدمه

مردم کره زمین دارد. با توجه به روند سریع افزایش جمعیت،

نیاز به افزایش تولید برنج ضروری می‌باشد و ایران به‌عنوان

یکی از کشورهای وارد کننده برنج که واردات سالیانه برنج آن

برنج پس از گندم دومین غله شناخته شده و پر مصرف جهان

به‌شمار می‌رود و جایگاه چشمگیری را در خوراک نیمی از

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و استاد زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲. پژوهشگر مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

در حدود ۴۰۰-۸۰۰ هزار تن می‌باشد، در بحران جهانی کمبود برنج درگیر است (۱).

یکی از راه‌های تولید ارقام پر محصول، پیدا کردن شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک موثر در عملکرد برنج و مدیریت مزرعه در جهت بهبود این شاخص‌ها می‌باشد. سرعت و طول دوره پر شدن به عنوان دو صفت فیزیولوژیک مهم، نقش بسزایی در تعیین میزان عملکرد دارند. پر شدن دانه، ذخیره‌سازی فراورده‌های پلیمری قندی در سلول‌ها و اندامک‌هایی است که در طی دوره بزرگ شدن دانه ایجاد شده‌اند و به فرایندهای فتوسنتز، بارگیری عناصر آبکش، انتقال مواد پرورده، تخلیه آبکش و تبدیل قندها به نشاسته وابسته است (۱۰). پر شدن دانه در طی سه مرحله ۱- رشد کند (۵ روز بعد از گل‌دهی) ۲- افزایش خطی (۲۰-۵ روز بعد از گل‌دهی) و ۳- رشد کند ثانویه به اتمام می‌رسد (۴ و ۵) و زمانی که برنج قهوه‌ای حداکثر وزن خود را به دست آورد مطابق با زمانی است که از لحاظ مورفولوژیکی بزرگ‌ترین اندازه را پیدا کرده است. وزن دانه وابسته به مقدار انتقال مواد فتوسنتزی به دانه است که این میزان انتقال وابسته به سرعت و طول دوره انتقال است که به عنوان سرعت و دوره پر شدن دانه شناخته می‌شوند (۱۲). فرایند پر شدن دانه تابعی از ارتباطات مخزن و منبع می‌باشد و در واقع نتیجه‌ای از یک توازن بالا بین ۳ ویژگی ۱- تولید مواد فتوسنتزی توسط مبدأ ۲- انتقال مواد پرورده توسط شبکه انتقالی و ۳- تجمع مواد فتوسنتزی در مخزن است. ظرفیت مخزن شامل تعداد دانه‌ها در خوشه و پتانسیل وزن دانه است. مجموع تولید مواد پرورده تابعی از مدت زمان و سرعت تولید مواد پرورده است (۱۳). ظرفیت مخزن بعد از گرده‌افشانی، عملکرد و تسهیم مواد فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ظرفیت بالای مخزن فتوسنتز پوشش گیاهی را افزایش می‌دهد و در نتیجه مجموع ماده خشک تولید شده بعد از گل‌دهی بهتر شده و عملکرد دانه بالاتر می‌رود، زیرا عمده کربوهیدرات‌های موجود در دانه حاصل فتوسنتز بعد از گل‌دهی است (۳ و ۹).

در اغلب مطالعات، بین سرعت پر شدن دانه و وزن دانه ارتباط معنی‌داری وجود دارد (۱۳، ۱۶ و ۱۸). جونز و همکاران (۱۳) طی آزمایشی روی ۱۵ رقم برنج مشاهده نمودند که وزن حقیقی خوشه با میانگین و حداکثر سرعت پر شدن دانه هم‌بستگی معنی‌دار بالایی داشت ولی با دوره پر شدن هم‌بستگی نداشت. در این ارقام در زمینه سرعت پر شدن دانه، اندازه دانه در مقایسه با تعداد دانه اهمیت بیشتری داشت ولی وزن دانه و تعداد دانه با دوره پر شدن دانه هم‌بستگی معنی‌داری نداشت.

کاتو نیز نتایج مشابهی مبنی بر ارتباط مثبت معنی‌دار بین سرعت پر شدن دانه با وزن دانه و اندازه دانه و ارتباط منفی معنی‌داری بین سرعت پر شدن دانه با تعداد دانه به دست آورده، وی اظهار داشت که بین سرعت پر شدن دانه با ظرفیت مخزن هم‌بستگی معنی‌داری وجود دارد ولی بین دوره پر شدن دانه با ظرفیت مخزن هم‌بستگی مشاهده نکرد.

طبق گزارش‌های مهندس و همکاران، جونز و همکاران، کوماری و والارماتی و کاتو سرعت پر شدن دانه هم‌بستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه دارد، درحالی‌که دوره پر شدن هم‌بستگی ضعیف‌تری با عملکرد دارد و بالاترین سرعت پر شدن دانه در مقایسه با دوره پر شدن دانه به بالاترین عملکرد منجر می‌شود (۱۳، ۱۵، ۱۶ و ۱۸). در گیاه برنج، تجمع نشاسته و سایر ترکیبات در دانه وابسته به تولید مواد پرورده توسط برگ‌های سبز و غلاف است، و فقط مقدار اندکی از مواد پرورده تولید شده قبل از گل‌دهی بر عملکرد دانه تأثیر دارد. قسمت عمده مواد پرورده تولید شده بعد از گل‌دهی به طور مستقیم به دانه‌ها در خوشه انتقال می‌یابند (۹ و ۱۲). برگ پرچم نقش مهمی در پر شدن دانه‌ها دارد، زیرا عمدتاً مواد فتوسنتزی را به خوشه می‌فرستد. راثو اظهار داشت که قطع برگ پرچم بیشترین اثر را روی عملکرد دارد و چگالی بالای دانه اغلب با جدا شدن برگ پرچم کاهش می‌یابد (۲۱). وی اظهار کرد که قطع برگ پرچم ۲ برگ زیرین بر روی عملکرد اثر منفی دارد، در صورتی که قطع برگ چهارم اثر کمی بر عملکرد داشت. وی طی آزمایشی با استفاده از علف کش و

مواد و روش‌ها

این آزمایش در فصل زراعی سال ۱۳۸۰ در مزرعه موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در رشت اجرا گردید. از ۹۳ رقم برنج خوش کیفیت ارسال شده از انستیتو بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) در این طرح استفاده شد. این ارقام در خردادماه در خزانه بذرپاشی شده و در مرحله ۳-۴ برگی در خطوطی به طول ۶ متر به فواصل ۲۰×۲۰ سانتی متر در زمین اصلی به صورت تک بوته نشا شد. پخش کود فسفات (۴ کیلوگرم در ۴۰۰ مترمربع) و افزودن علف‌کش بوتاکلر قبل از نشاکاری در زمین اصلی انجام شد. پخش کود اوره در سه مرحله، قبل از نشاکاری (۴ کیلوگرم در ۴۰۰ مترمربع)، ۲۵ روز بعد از نشاکاری (۲ کیلوگرم در ۴۰۰ مترمربع)، ۴۵-۴۰ روز بعد از نشاکاری (۲ کیلوگرم در ۴۰۰ مترمربع) و وجین اول و دوم در فواصل ۱۵ و ۲۵ روز بعد از نشاکاری انجام شد.

بعد از مرحله آبستنی (Booting) و خروج اولین خوشه‌ها مربوط به ساقه‌های اصلی کلیه بوته‌ها، این خوشه‌ها علامت‌گذاری شدند تا از خوشه‌های سایر پنجه‌ها متمایز شوند. ۱۰ روز بعد از گرده‌افشانی خوشه‌های علامت‌گذاری شده، در فاصله زمانی هر سه روز یکبار (در هر نوبت ۳ خوشه) برداشت شدند. این عمل تا رسیدگی کامل مزرعه ادامه یافت، به طوری که وقتی مزرعه کاملاً زرد رنگ شد و نوک خوشه‌ها کاملاً به سمت پایین خمیده گردید، آخرین برداشت صورت گرفت. خوشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و پس از خشکانیدن، وزن خشک شلتوک‌ها تعیین شد. هم‌چنین تعداد دانه در هر خوشه شمارش و ثبت گردید و بدین طریق وزن تک دانه‌ها در هر نوبت برداشت که حاصل میانگین ۳ داده وزن تک دانه در هر نوبت برداشت است، محاسبه شد. از آنجایی که خوشه‌ها برای اندازه‌گیری وزن تک دانه در روزهای ثابتی بعد از برچسب زدن برداشت می‌شدند، زمان دقیق رسیدن به حداکثر وزن تک دانه مشخص نبود. به‌منظور تخمین زمان دقیق رسیدن به حداکثر وزن تک دانه، کلیه داده‌های به دست آمده از وزن خشک تک

پوشاندن قسمت‌های مختلف گیاه نشان داد که برگ‌ها به‌عنوان مهم‌ترین اندام، پرشدن دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. طی مطالعات متعدد که توسط آکادمی علوم کشاورزی جیانگشو و مرکز ملی تحقیقات برنج هیبرید چین اجرا شده است، بهترین شکل مرفولوژیک برنج‌های پرمحصول به این صورت که سه برگ بالایی بایستی بلند، راست، باریک ولی ضخیم و نیز مقطع آنها به شکل V باشد، دیده شده است (۲). حفظ کلروفیل در برگ پرچم و در برگ زیری آن باعث تأخیر در پیری برگ و بالا رفتن عمر ماندگاری آن می‌شود که بر انتقال مواد فتوسنتزی به دانه در طی دوره پرشدن دانه، تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد (۵). راهانگ دل و همکاران عملکرد برنج پابلند زودرس را با برنج پاکوتاه دیررس مقایسه کردند (۱۹). ارقام پاکوتاه دیررس با برگ پرچم افراشته، بیشترین سنبله‌های بارور را داشتند و هم‌چنین مقدار کلروفیل در برگ پرچم آنها بیشتر و به‌دلیل تسهیم مناسب مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، عملکرد کاه در این ارقام پایین‌تر بود و در کل این ارقام عملکرد بالاتر داشتند. نتایج این آزمایش نشان داد که عملکرد با تعداد خوشه در گیاه، زاویه برگ پرچم و مقدار کلروفیل برگ پرچم هم‌بستگی معنی‌داری دارد.

تعیین بهترین روش اندازه‌گیری پرشدن دانه یک مسأله مهم در زراعت و اصلاح نباتات می‌باشد. روش‌های مختلفی برای حصول تخمینی سرعت و طول دوره پرشدن دانه پیشنهاد شده است. اما به‌طور کلی برای برآزش همه معادلات به‌اندازه‌گیری‌های متعدد در طول فصل رشد زایشی نیاز است. به‌منظور تخمین سرعت پرشدن دانه از برآزش منحنی‌های لجستیک، سیگموئیدی و چند جمله‌ای درجه ۳ استفاده می‌شود. گاهی نیز فقط با در نظر گرفتن بخش خطی نمودار رشد دانه، به‌صورت رگرسیون خطی بررسی می‌گردد (۱۸).

هدف از پژوهش حاضر بررسی روابط هم‌بستگی بین سرعت و دوره پرشدن دانه با صفات فیزیولوژیکی و اجزای عملکرد و شناخت صفاتی است که بیشترین تأثیر را بر فرایند پرشدن دانه دارند.

اندازه‌گیری کلیه صفات ذکر شده بر روی ۵ بوته که به‌طور تصادفی انتخاب شدند، انجام گرفت و میانگین مقدار هر صفت در ۵ بوته برای محاسبات آماری استفاده شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در بوته نیز، ۵ بوته برداشت و بعد از خرم‌ن‌کوبی و رسیدن به رطوبت ۱۴ درصد، توزین شد، سپس با میانگین‌گیری عملکرد تک بوته به دست آمد.

به منظور تعیین روابط هم‌بستگی بین صفات مورد ارزیابی با طول دوره و سرعت پر شدن دانه از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS استفاده شد و برای بررسی تأثیر هریک از صفات مورد نظر بر روی متغیر وابسته، هم‌چنین حذف متغیرهایی که اثر ناچیزی روی متغیر وابسته دارند و برازش بهترین مدل از روش رگرسیون گام به گام توسط نرم‌افزار SPSS، استفاده گردید. به‌منظور کشف روابط علت و معلولی و تعیین اهمیت صفات مؤثر در سرعت پر شدن دانه، تجزیه علیت سرعت پر شدن دانه به اجزای مربوطه با استفاده از روش دوی و لو (۶) به‌صورت آثار مستقیم و غیرمستقیم انجام پذیرفت (۶). برای انجام این کار از نرم‌افزار Path74 استفاده شد.

نتایج و بحث

در این پژوهش کلیه داده‌های به دست آمده از وزن خشک تک دانه برای هر رقم در مدل چند جمله‌ای درجه ۳ برازش شد که بزرگ‌ترین ضریب تبیین در مدل‌های برازش شده ۰/۹۹۹۲ و کوچک‌ترین ضریب تبیین ۰/۹۲۷۱ بود. میانگین ضریب تبیین برای کلیه ارقام ۰/۹۸ بود که نشان می‌دهد در این تحقیق مدل چند جمله‌ای درجه ۳ (رابطه ۳) مدل مناسبی برای برازش داده‌های موجود بود.

$$\frac{dy}{dt} = b_1 + 2b_2t + 3b_3t^2 \quad [3]$$

y وزن تک دانه، t زمان و b_i ثابت رگرسیونی است.

مقادیر ضرایب هم‌بستگی بین صفات مورد مطالعه برای ۹۳ رقم برنج در جدول ۱ ارائه شده است. در این تحقیق، سرعت پر شدن دانه با دوره پر شدن هم‌بستگی منفی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. به نظر می‌رسد که در اغلب

دانه برای هر رقم در مدل‌های مختلف برازش شد و در انتها از مدل پیشنهادی جونز و همکاران که یک مدل چند جمله‌ای درجه ۳ بود، به دلیل داشتن بالاترین ضریب تبیین‌ها استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB از داده‌های وزن تک دانه و زمان برداشت آنها معادله درجه سه‌ای به دست آمد، که با مساوی قرار دادن مشتق این معادله با صفر، زمان برای رسیدن به حداکثر وزن تک دانه تعیین و در انتها حداکثر وزن تک دانه مشخص شد (۱۳). مدت زمان تا رسیدن به حداکثر وزن تک دانه، دوره پر شدن دانه شناخته شد و از حاصل تقسیم حداکثر وزن تک دانه بر دوره پر شدن دانه میانگین سرعت پر شدن دانه به دست آمد.

کلیه صفات کمی ارزیابی شده شامل تعداد دانه پر در خوشه، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد پنجه بارور در بوته، طول دانه، عرض دانه، زاویه برگ پرچم، مساحت سه برگ بالایی، کلروفیل دو برگ بالایی و وزن مخصوص دو برگ بالایی بر اساس دستور العمل ثبت صفات (SES) (Standard Evaluation System, IRRI) اندازه‌گیری شدند (۱۱). به‌منظور محاسبه مساحت سه برگ بالایی (برگ پرچم، برگ دوم و برگ سوم) در ابتدای مرحله پر شدن دانه (مقارن با دومین مرحله برداشت) طول و عرض ۳ برگ مورد نظر مربوط به ساقه اصلی اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه زیر مساحت آنها محاسبه شد (۲۵).

$$[1] \quad 0/725 \times \text{عرض برگ} \times \text{طول برگ} = \text{مساحت برگ}$$

وزن مخصوص دو برگ بالایی (SLW) نیز از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$[2] \quad \text{SLW} = \frac{\text{وزن خشک ۲ برگ بالایی}}{\text{مساحت ۲ برگ بالایی}}$$

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل ۲ برگ بالایی در ابتدای مرحله پر شدن دانه و با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی SPAD-502 (مینولتای ژاپن) صورت گرفت. قرائت از سه ناحیه مختلف (وسط، نزدیک به نوک و انتها) در هر برگ ۳۰ مرتبه صورت گرفت و میانگین آن ثبت شد.

جدول ۱. ضرایب هم‌بستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در ۹۳ رقم برنج

صفه	کلروفیل برگ پرچم	کلروفیل برگ دوم	وزن مخصوص ۲ برگ بالایی	مساحت برگ پرچم	مساحت برگ دوم	مساحت برگ سوم	زاویه برگ پرچم	ارتفاع گیاه	تعداد پنجه بارور	تعداد دانه پر در خوشه	وزن ۱۰۰ دانه	وزن نهایی دانه	سرعت پر شدن دانه	دوره پر شدن دانه	روزها تا ۵۰٪ گل‌دهی	طول دانه بدون پوسته	عرض دانه بدون پوسته	عملکرد دانه
کلروفیل برگ پرچم	۱	۰/۸۷**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۳۳**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۳۶**	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۳۳**	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}
کلروفیل برگ دوم	۱	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۰**	۰/۲۶*	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
وزن مخصوص ۲ برگ بالایی	۱	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۰**	۰/۲۶*	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
مساحت برگ پرچم	۱	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۰**	۰/۲۶*	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
مساحت برگ دوم	۱	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۰**	۰/۲۶*	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
مساحت برگ سوم	۱	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۰**	۰/۲۶*	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
زاویه برگ پرچم	۱	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۰**	۰/۲۶*	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
ارتفاع گیاه	۱	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۰**	۰/۲۶*	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
تعداد پنجه بارور	۱	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۹**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۰**	۰/۲۶*	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
تعداد دانه پر در خوشه	۱	۰/۳۳**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۳۳**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۳۳**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۳۳**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۳۳**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۳۳**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۳۳**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۳۳**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۳۳**
وزن ۱۰۰ دانه	۱	۰/۶۹**	۰/۲۴**	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}
وزن نهایی دانه	۱	۰/۹۴**	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
سرعت پر شدن دانه	۱	۰/۴۴**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}
دوره پر شدن دانه	۱	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
روزها تا ۵۰٪ گل‌دهی	۱	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}
طول دانه بدون پوسته	۱	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}
عرض دانه بدون پوسته	۱	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}
عملکرد دانه	۱	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}

*, **, NS: به ترتیب معنی دار در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی دار

ژنوتیپ‌هایی که میانگین سرعت پر شدن بالایی دارند وزن دانه‌ها در مدت زمان کوتاه‌تری به حداکثر مقدار می‌رسند. هم‌بستگی بین میانگین سرعت پر شدن تک دانه با وزن نهایی تک دانه نیز مثبت و بسیار معنی‌دار بود و ژنوتیپ‌هایی که دانه‌های سنگین‌تری داشتند از سرعت پر شدن بالاتری نیز برخوردار بودند. کاتو هم‌بستگی بین سرعت و دوره پر شدن دانه را منفی ولی غیر معنی‌دار گزارش کرد و هم‌بستگی بین سرعت و وزن نهایی دانه را مثبت و بسیار معنی‌دار و هم‌بستگی بین دوره پر شدن دانه و وزن نهایی دانه را غیر معنی‌دار گزارش نمود (۱۴). نتایج هم‌بستگی‌های سرعت و دوره پر شدن با وزن نهایی دانه با نتایج جونز و همکاران، کوماری و والارماتی و موهندس نیز مشابهت دارد (۱۳، ۱۶ و ۱۸). سرعت پر شدن دانه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی با عملکرد هم‌بستگی نشان نداد ولی با اجزای عملکرد از قبیل وزن ۱۰۰ دانه و اندازه دانه در سطح احتمال یک درصد هم‌بستگی مثبت و با تعداد دانه پر در خوشه در سطح احتمال ۵ درصد هم‌بستگی منفی داشت. در این آزمایش به طور کلی سرعت پر شدن دانه با صفات وابسته به ظرفیت مخزن یعنی وزن دانه، اندازه دانه (طول دانه بدون پوسته، عرض دانه بدون پوسته) و تعداد دانه در خوشه هم‌بستگی نشان داد که با نتایج کاتو مبنی بر وجود هم‌بستگی بالا بین سرعت پر شدن دانه با اجزای وابسته به مخزن (وزن دانه، تعداد دانه، اندازه دانه) کاملاً مشابهت دارد (۱۴). در واقع توانایی یک مخزن برای کشش مواد فتوسنتزی به سوی خود بستگی به ظرفیت مخزن دارد و ظرفیت مخزن شامل وزن دانه، تعداد دانه و اندازه دانه می‌باشد. یک مخزن قوی‌تر محتویات قند عناصر غربالی را سریع‌تر تخلیه می‌کند. در این آزمایش دوره پر شدن دانه با عملکرد و صفات وابسته به ظرفیت مخزن هم‌بستگی معنی‌دار نشان نداد. رائو و همکاران بین دوره پر شدن دانه با عملکرد هم‌بستگی مشاهده نکردند، ولی به دلیل مواجه شدن با شرایط اقلیمی نامساعد در آخر فصل رشد، سریع‌تر پر شدن دانه را سودمند دانستند البته شواهدی مبنی بر ارتباط بین دوره پر شدن دانه با ظرفیت مخزن

در تحقیق نام برده وجود نداشت (۲۰).

در تحقیق حاضر، سرعت و دوره پر شدن دانه با تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی هم‌بستگی نداشتند. جونز و همکاران نیز عدم وجود چنین هم‌بستگی را در ۱۵ ژنوتیپ اعلام نمود (۱۳). بر اساس نتایج کاتو بین سرعت پر شدن دانه با تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی هم‌بستگی وجود نداشت، ولی بین دوره پر شدن دانه با تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (۱۴).

در بررسی ضرایب هم‌بستگی سرعت پر شدن دانه با صفات وابسته به مبدأ مانند مساحت برگ، وزن مخصوص برگ و زاویه برگ پرچم هم‌بستگی معنی‌داری مشاهده نشد، ولی بین سرعت پر شدن دانه با میزان کلروفیل برگ پرچم و برگ دوم هم‌بستگی منفی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد دیده شد. شاید بتوان چنین توجیه کرد که هر چه غلظت کلروفیل برگ بیشتر باشد، عمر ماندگاری برگ بیشتر و مواد پرورده را در مدت زمان طولانی‌تری به دانه‌ها می‌فرستد، بنابراین سرعت پر شدن دانه کندتر و دوره پر شدن دانه طولانی‌تر می‌شود. تاکنون اطلاعاتی در این زمینه در تحقیقات دیگر گزارش نشده است.

در این آزمایش عملکرد دانه در بوته با صفاتی مانند تعداد دانه پر در خوشه، مساحت ۳ برگ بالایی، ارتفاع گیاه و تعداد پنجه بارور در بوته در سطح احتمال یک درصد هم‌بستگی مثبت معنی‌داری نشان داد، در حالی که با وزن ۱۰۰ دانه هم‌بستگی معنی‌داری نداشت. چنین به نظر می‌رسد که ارقام با بیشترین سطح برگ در ۳ برگ بالایی، بالاترین عملکردها را به خود اختصاص داده‌اند. در واقع برگ‌ها بر حسب موقعیت خود روی ساقه، مواد فتوسنتزی را به خوشه منتقل می‌کنند و ۳ برگ بالایی، بخصوص برگ پرچم، بیشترین سهم را در تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به خوشه دارند. هر چه سطح برگ بیشتر باشد، میزان جذب نور بیشتر و بنابراین میزان فتوسنتز برگ افزایش می‌یابد و در نهایت روی عملکرد تأثیر مثبت می‌گذارد. علاوه بر آن تعداد دانه پر در خوشه و تعداد پنجه بارور از اجزای

عملکرد هستند که در این تحقیق افزایش این دو صفت، افزایش عملکرد را به دنبال داشته است. طبق گزارش رائو هم‌بستگی مثبت معنی‌داری بین عملکرد با سطح برگ پرچم و تعداد دانه پر در خوشه وجود دارد (۲۲). ردی نیز هم‌بستگی مثبت معنی‌داری را بین عملکرد دانه در بوته با تعداد پنجه بارور، طول خوشه و ارتفاع گیاه گزارش کرد (۲۳).

در تحقیق حاضر وزن ۱۰۰ دانه با وزن نهایی دانه در انتهای دوره پرشدن دانه هم‌بستگی مثبت بسیار معنی‌داری داشت. که نشان می‌دهد وزن نهایی دانه به عنوان وزن پیش‌بینی شده (محاسبه شده از طریق مدل رشد دانه) با وزن ۱۰۰ دانه به عنوان وزن حقیقی هم‌بستگی داشته و صحت کاربرد مقادیر پیش‌بینی شده را برای تخمین نتایج مزرعه‌ای تأیید می‌کند.

ضمناً هم‌بستگی مثبت بسیار معنی‌داری نیز بین وزن ۱۰۰ دانه و اندازه دانه (طول و عرض برنج بدون پوسته) وجود داشت. و ارقام با دانه‌های کشیده و بزرگ‌تر از وزن بالاتری نیز برخوردار بودند. زیرا در واقع اندازه نهایی دانه تحت تأثیر اندازه پوسته (گلوله) می‌باشد و پتانسیل وزن دانه نیز توسط اندازه پوسته محدود می‌شود و هرچه اندازه پوسته بزرگ‌تر باشد اندازه نهایی دانه و وزن دانه بیشتر است. فوجیتا و همکاران و کاتو هم‌بستگی مثبت معنی‌داری بین وزن ۱۰۰ دانه و اندازه دانه گزارش نموده‌اند که تأیید‌کننده نتایج این مطالعه است (۷ و ۱۴).

در این تحقیق هم‌بستگی منفی بسیار معنی‌داری نیز بین وزن ۱۰۰ دانه و تعداد پنجه بارور دیده شد. بنابراین، می‌توان چنین توجیه کرد که با افزایش تعداد پنجه بارور در واحد سطح رقابت بر سر عوامل محیطی نظیر جذب نور، CO_2 و ازت بیشتر شده و وزن ۱۰۰ دانه کاهش می‌یابد. ردی نیز هم‌بستگی منفی معنی‌داری را بین وزن ۱۰۰ دانه با تعداد پنجه بارور در بوته گزارش نموده است (۲۳).

در این بررسی وزن ۱۰۰ دانه هم‌بستگی مثبت بسیار معنی‌داری نیز با وزن مخصوص ۲ برگ بالایی نشان داد. به این معنی که هر چه برگ پرچم و برگ زیرین ضخیم و باریک‌تر باشد وزن ۱۰۰ دانه بالا می‌رود. زیرا برگ‌های باریک با مقطع V

شکل فضای کمی را اشغال می‌کنند و در واقع کارایی شاخص سطح برگ برای جذب نور بیشتر و بنابراین فتوسنتز افزایش می‌یابد. ضمناً برگ‌های ضخیم میزان فتوسنتز بیشتری داشته و به سرعت پیر نمی‌شوند. مدل مورفولوژیک برنج‌های پرمحصول برتر تأیید‌کننده این نتیجه است، به‌طوری‌که وزن خشک سه برگ بالایی در ترکیب Peiai 64/E32 به‌عنوان یک برنج پرمحصول برتر ۵۵/۰ گرم در ۱۰۰ سانتی‌مترمربع است، در حالی که در واریته‌های پرمحصول معمولی حدود ۴/۰ گرم در ۱۰۰ سانتی‌مترمربع می‌باشد (۲).

در این بررسی بین تعداد دانه پر در خوشه با مساحت ۳ برگ بالایی (برگ پرچم، برگ دوم و برگ سوم)، کلروفیل ۲ برگ بالایی و ارتفاع گیاه هم‌بستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد. بدین معنی که در اوایل دوره پر شدن دانه هرچه مساحت و غلظت کلروفیل برگ (۳ برگ بالایی که بیشترین نقش را در تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به خوشه دارند) بیشتر باشد، جذب نور بیشتر و میزان تولید مواد فتوسنتزی برای انتقال به خوشه بیشتر می‌شود، بنابراین تعداد دانه پر در خوشه افزایش می‌یابد. ضمناً تعداد دانه پر در خوشه با تعداد پنجه بارور در سطح احتمال ۱ درصد و با طول دانه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی در سطح احتمال ۵ درصد هم‌بستگی منفی داشت. زیرا با افزایش تعداد پنجه بارور رقابت برای جذب نور و عناصر غذایی از محیط افزایش یافته و ضمناً میزان رقابت بین مخازن برای جذب مواد پرورده افزایش می‌یابد، بنابراین تعداد دانه پر، اندازه دانه و وزن دانه در هر خوشه کاهش می‌یابد. رائو و چئوبی و سینگ نیز هم‌بستگی مثبتی بین تعداد دانه پر در خوشه با مساحت برگ و ارتفاع گیاه و هم‌بستگی منفی بین تعداد دانه پر در خوشه و تعداد پنجه بارور گزارش کرده‌اند (۴ و ۲۲).

در این تحقیق به منظور برآزش کامل‌ترین مدل رگرسیونی بین سرعت پرشدن دانه و سایر صفات رگرسیون گام به گام انجام شد که سرعت پرشدن دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات ارزیابی شده به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند.

جدول ۲. نتایج رگرسیون گام به گام سرعت پر شدن دانه با دیگر متغیرهای مورد بررسی در ۹۳ رقم برنج

متغیر وارد شده	R^2	b در مرحله وارد شدن	b در مدل نهایی
وزن نهایی تک دانه	۰/۸۷	۳۵/۴۴۲	۳۴/۱۲۳
دوره پر شدن دانه	۰/۹۹	-۰/۰۱۸۰۷	-۰/۰۱۸۱
زاویه برگ پرچم	۰/۹۹	-۰/۰۰۰۰۴	-۰/۰۰۰۰۴

عرض از مبدأ = ۰/۵۳۱

جدول ۳. خلاصه نتایج رگرسیون گام به گام سرعت پر شدن دانه با دیگر متغیرهای مورد بررسی با حذف صفت وزن نهایی دانه در ۹۳ رقم برنج

متغیر وارد شده	R^2	b در مرحله وارد شدن	b در مدل نهایی
کلروفیل برگ پرچم	۰/۲۱۵	-۰/۰۱۲۶۵	-۰/۰۰۶۳۲۵
عرض دانه بدون پوسته	۰/۳۴۵	۰/۱۸۲	۰/۱۹۰
دوره پر شدن دانه	۰/۴۳۷	-۰/۰۱۸۰۴	-۰/۰۱۹۱۶
طول دانه بدون پوسته	۰/۵۰۴	۰/۰۵۶۶۹	۰/۰۵۶۶۹

عرض از مبدأ = ۰/۵۸۹

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام در جدول ۲ ارائه شده است. در این بررسی، وزن نهایی دانه به عنوان اولین صفت وارد مدل گردید و به دلیل معنی دار بودن ضریب رگرسیون آن در مدل باقی ماند. اساس انتخاب اولین متغیر مستقل در این روش داشتن بیشترین ضریب همبستگی با متغیر وابسته می باشد. این صفت به تنهایی ۸۷ درصد از تغییرات سرعت پر شدن را توجیه کرد. پس از آن به ترتیب صفات دوره پر شدن دانه و زاویه برگ پرچم وارد مدل گردیدند و به دلیل معنی دار بودن ضرایب رگرسیون آنها از طریق آزمون t در مدل باقی ماندند، و حدود ۹۹ درصد از تغییرات سرعت پر شدن دانه را توجیه کردند. نتایج نشان می دهد که صفت وزن نهایی دانه مقدار زیادی از تغییرات سرعت پر شدن را توجیه می کند، که این امر ممکن است اثر متغیرهای دیگر را بپوشاند. بنابراین یکبار دیگر تجزیه رگرسیون گام به گام با حذف صفت وزن نهایی دانه از میان صفات مستقل انجام شد، که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. کلروفیل برگ پرچم اولین صفتی بود که وارد مدل شد و ۲۱/۵ درصد از تغییرات

سرعت پر شدن را توجیه کرد. عرض دانه، دوره پر شدن دانه و طول دانه، در مراحل بعدی به مدل افزوده شدند و مجموعاً ۵۰/۴ درصد از تغییرات سرعت پر شدن دانه را توجیه کردند. ضریب همبستگی چندگانه ۰/۷۰۹۹ به دست آمد که یک همبستگی چندگانه نسبتاً قوی را بین متغیرهای موجود در مدل و سرعت پر شدن دانه نشان داد. ملاحظه می شود که پس از حذف متغیر وزن نهایی دانه، متغیرهای دیگری نیز وارد مدل رگرسیون شدند که بر سرعت پر شدن دانه موثرند و در مرحله پیش اثر آنها کاملاً روشن نبود. پیش از این کوماری و الارماتی (۱۶) طی آزمایشی به منظور بررسی روابط همبستگی بین سرعت و طول دوره پر شدن دانه با اجزای عملکرد دو رقم برنج، اظهار داشتند که بر طبق نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون، که در آن سرعت پر شدن دانه متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند، صفت وزن نهایی دانه ۸۵ درصد از تغییرات سرعت پر شدن دانه را توجیه کرد و پس از آن به ترتیب صفات تعداد دانه پر در خوشه و دوره پر شدن دانه وارد مدل شدند و ۹۹ درصد از

جدول ۴. نتایج رگرسیون گام به گام وزن نهایی تک دانه با دیگر متغیرهای مورد بررسی در ۹۳ رقم برنج

متغیر وارد شده	R^2	b در مرحله وارد شدن	b در مدل نهایی
سرعت پرشدن دانه	۰/۸۷۸	۰/۰۲۴۸	۰/۰۲۹۲۶
دوره پرشدن دانه	۰/۹۹	۰/۰۰۰۵۲	۰/۰۰۰۵۲۸
زاویه برگ پرچم	۰/۹۹	۰/۰۰۰۰۱۱۵۵	۰/۰۰۰۰۰۱۱۵۵

عرض از مبدأ = -۰/۰۱۵۵

جدول ۵. اثر مستقیم و غیر مستقیم ۳ متغیر وزن نهایی دانه، دوره پر شدن دانه و زاویه برگ پرچم بر سرعت پر شدن دانه در ۹۳ رقم برنج

متغیر	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق			هم‌بستگی کل با سرعت پر شدن دانه
		وزن نهایی دانه	دوره پر شدن دانه	زاویه برگ پرچم	
وزن نهایی دانه	۰/۹۰۳۵	—	۰/۰۳۴۰۳	۰/۰۰۰۴۳	۰/۹۳۸**
دوره پر شدن دانه	-۰/۳۴۷۳	-۰/۰۸۸۵۴	—	-۰/۰۰۰۱	-۰/۴۳۶**
زاویه برگ پرچم	-۰/۰۰۴۸	-۰/۰۸۱۳۱	-۰/۰۱۳۸۹	—	-۰/۱۰ ^{ns}

اثر باقی مانده = ۰/۰۱

آمده حاکی از ارتباط قوی بین میانگین سرعت پرشدن دانه و وزن نهایی دانه است.

بر پایه نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام به منظور برقراری یک سیستم علت و معلولی تجزیه علیت انجام گرفت. ابتدا متغیر سرعت پر شدن دانه به عنوان متغیر وابسته در برابر متغیرهای وزن نهایی دانه، دوره پر شدن دانه و زاویه برگ پرچم به عنوان متغیرهای مستقل مورد تجزیه علیت قرار گرفت. که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است. ملاحظه می شود که وزن نهایی دانه دارای بیشترین اثر مستقیم بر سرعت پر شدن دانه می باشد. در جدول ۱ نیز مشاهده می گردد که این متغیر دارای بیشترین هم‌بستگی مثبت با سرعت پر شدن دانه است و در تجزیه رگرسیون گام به گام نیز نخستین صفتی بود که وارد مدل شد. دوره پر شدن دانه نیز اثر مستقیم منفی بالا بر سرعت پر شدن دانه دارد. کلیه آثار غیر مستقیم در این تجزیه کوچک و قابل اغماض است. و زاویه برگ پرچم نیز هیچ گونه تأثیر مستقیمی بر روی سرعت پر شدن دانه نداشته و هم‌بستگی منفی و ناچیز آن بر سرعت پر شدن دانه ناشی از اثرات غیر مستقیم و

تغییرات سرعت پرشدن دانه را توجیه کردند. طبق گزارش کاتو نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون حاکی از آن است که طول دانه به عنوان اولین صفت وارد مدل رگرسیونی شد و ۸۸ درصد از تغییرات سرعت پرشدن دانه را توجیه کرد. و پس از آن به ترتیب، عرض دانه و تعداد دانه پر در خوشه وارد مدل شدند و حدود ۹۸/۷ درصد از تغییرات سرعت پرشدن دانه را توجیه کردند (۱۴).

در تحقیق حاضر به دلیل این که سرعت پرشدن دانه یک عامل محاسباتی از طریق وزن نهایی دانه بود و به منظور رفع هرگونه شکی، مجدداً تجزیه رگرسیون گام به گام انجام و این بار وزن نهایی دانه به عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات ارزیابی شده به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. در این حالت سرعت پرشدن دانه به عنوان اولین صفت وارد مدل گردید که به تنهایی ۸۷ درصد از تغییرات وزن نهایی دانه را توجیه کرد. و سپس به ترتیب صفات دوره پرشدن دانه و زاویه برگ پرچم وارد مدل شدند که ۹۹ درصد از تغییرات وزن نهایی دانه را توجیه کردند. نتایج به دست

جدول ۶. اثر مستقیم و غیر مستقیم ۴ متغیر کلروفیل برگ پرچم، عرض دانه، دوره پر شدن دانه و طول دانه بر سرعت پر شدن دانه

متغیر	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق				هم بستگی کل با سرعت پر شدن دانه
		کلروفیل برگ پرچم	عرض دانه	دوره پر شدن دانه	طول دانه	
کلروفیل برگ پرچم	-۰/۲۳۰	—	-۰/۰۳۸۶	-۰/۱۵۷	-۰/۰۴۲	-۰/۴۷۲**
عرض دانه	۰/۳۸۶	۰/۰۲۳	—	-۰/۰۲۹	۰/۰۳۱	۰/۴۱۴**
دوره پر شدن دانه	-۰/۳۶۹	-۰/۱	۰/۰۲۹	—	۰/۰۰۲	-۰/۴۳۶**
طول دانه	۰/۲۶۸	۰/۰۳۶	۰/۰۴۵	-۰/۰۰۵	—	۰/۳۴۷**

اثر باقی مانده = ۰/۳۱

منفی وزن نهایی دانه و دوره پر شدن دانه بوده است. بار دیگر تجزیه علیت بر پایه نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام انجام گرفت و این بار سرعت پر شدن دانه به عنوان متغیر وابسته در برابر کلروفیل برگ پرچم، عرض دانه، دوره پر شدن دانه و طول دانه مورد تجزیه علیت قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۶ آمده است. در این بررسی عرض دانه دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت روی سرعت پر شدن دانه بود و دوره پر شدن دانه دارای بیشترین اثر مستقیم منفی بود. طول دانه نیز اثر مستقیم مثبتی بر سرعت پر شدن دانه داشت و چنین به نظر می رسد که پس از وزن نهایی دانه که بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر سرعت پر شدن دانه دارد، اندازه دانه نیز بر سرعت پر شدن دانه تأثیر گذار باشد. پیش از این جونز و همکاران و کاتو اثر مستقیم اندازه دانه را بر سرعت پر شدن دانه گزارش کرده اند (۱۳ و ۱۴). به طوری که با افزایش اندازه دانه، در واقع ظرفیت مخزن افزایش یافته و میزان تقاضا جهت جذب مواد پرورده افزایش می یابد. بنابراین دانه ها در مدت زمان کوتاه تر و با سرعت بیشتری به حداکثر وزن خود میرسند. کوماری و الارماتی طی آزمایشی بر ۲ رقم برنج، گزارش کردند که رقم A4-3-1 به عنوان رقم با سنگین ترین وزن دانه (۲/۵۰۷ میلی گرم/دانه)، بالاترین سرعت پر شدن دانه را به خود اختصاص داده در حالی که رقم C2-1 با سبک ترین وزن دانه (۰/۸۰۰ میلی گرم/دانه)، سرعت پر شدن دانه کمتری داشت (۱۶).

از نتایج فوق چنین به نظر می رسد که سرعت پر شدن دانه به شدت تحت تأثیر صفات وابسته به ظرفیت مخزن می باشد و در ارقامی که اندازه و تعداد دانه بیشتری دارند، میزان تقاضا و بنابراین سرعت انتقال مواد پرورده به سمت مخزن افزایش یافته، بنابراین تجمع مواد پرورده در سلول های آندوسپرم سریع تر می شود، و در واقع سرعت پر شدن دانه تسریع می یابد. به طور کلی اگر در روند انتقال مواد فتوسنتزی مشکل خاصی وجود نداشته باشد عملکرد واقعی در اثر ظرفیت مخزن و یا کمبود شیره پرورده محدود می شود. ون کاتسوارلو از طریق کاهش تعداد خوشچه های یک رقم برنج دریافت که اگر چه ظرفیت مخزن یک عامل مهم در تعیین عملکرد برنج به شمار می آید، اما به نظر می رسد که محدودیت منبع نیز از اهمیت بالایی در تعیین عملکرد برنج برخوردار می باشد (۲۴). فوکای و همکاران اظهار داشتند که ظرفیت مخزن به تغییر در موجودی مواد پرورده بعد از گرده افشانی حساس است، به طوری که کاهش در موجودی مواد پرورده از زمان گرده افشانی تا ابتدای دوره پر شدن دانه، به ویژه در ارقام پر محصول با تعداد دانه زیاد در خوشه، باعث کاهش در درصد دانه های پر شده و عملکرد دانه می شود (۸).

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه روابط سرعت و دوره پر شدن دانه برنج با بسیاری از صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و اجزای عملکرد انجام شده است و از آنجایی که در کلیه این مطالعات وزن دانه به عنوان یکی از اجزای مهم تعیین کننده

عملکرد دانه در ارتباط با سرعت و طول دوره پر شدن دانه است، این ارتباط می‌تواند یک راه‌کار برای به‌نژادگران در جهت رسیدن به حداکثر عملکرد باشد. از طرف دیگر زودرسی در مناطقی که با تنش‌های پایان فصل رشد روبه‌رو هستند، بسیار مهم است. اما در اکثر اوقات زودرسی با کاهش عملکرد همراه است. با توجه به این‌که فرایندهای دوره پر شدن دانه از اجزای مهم در رسیدگی دانه‌ها می‌باشند، انتخاب در جهت افزایش سرعت پر شدن دانه‌ها، راهی برای رسیدن به ارقام پر محصول و زودرس می‌باشد، ضمن این‌که برای اینگونه مناطق اصلاح‌گران نبات به دنبال ارقام ایدآلی هستند که وزن دانه بالایی را همراه با طول دوره پر شدن کوتاه داشته باشند.

منابع مورد استفاده

۱. آمارنامه کشاورزی ایران. ۱۳۸۰. انتشارات وزارت جهادکشاورزی، تهران.
۲. درستی، ح. ۱۳۷۹. *برنج‌های پر محصول برتر* (ترجمه). مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت.
3. Chau, N.M. and S.C. Bhargava. 1993. Physiological basis of higher productivity in rice. *Indian J. Plant Physiol.* 36: 215-219.
4. Chaubey, P.K. and R.P. Singh. 1994. Genetic variability, correlation and path analysis of yield components of rice. *Modras Agric. J.* 81: 468-470.
5. Das, S. and A.K. Sarkar. 1981. Effect of post flowering foliar spray of potassium nitrate solution on grain filling and yield of rice and wheat. *Indian Agric.* 25: 267-273.
6. Dewey, D.R. and K.H. Lu. 1959. A correlation and path coefficient analysis of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.* 51: 515-518.
7. Fujita, K., V.P. Coronel and S.Yoshida. 1984. Grain filling characteristics of rice varieties differing in grain size under controlled environmental conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.* 30: 445-454.
8. Fukai, S., L. Li, P.T. Vizmante and K.S. Fischer. 1991. Control of grain yield by sink capacity and assimilate supply in various rice cultivars. *Exp. Agric.* 27: 127-135.
9. Guo, W., C.N. Feng, L.L. Yan, Y.X. Peng, X.K. Zhu and A.G. Zong. 1995. Analysis of the source sink relationship after anthesis in wheat. *Acta Agronomica Sinica* 21: 334-340.
10. Hoshikawa, K. 1989. *The Growing Rice Plant*. Akasaka Minato-Ku, Tokyo, Japan.
11. INGER. 1996. Standard evaluation system of rice. IRRI Manila Philippines.
12. Jongkaewwattana, S., S. Geng, J.E. Hill and B.C. Miller. 1993. Within panicle variability of grain filling in rice cultivars with different maturities. *J. Agron. Crop Sci.* 171: 236-242.
13. Jones, D.B., M.L. Peterson and S. Geng. 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. *Crop Sci.* 19: 641-644.
14. Kato, T. 1989. Relationship between grain filling process and sink capacity in rice. *Japanes J. Breed.* 39: 431-438.
15. Kato, T. 1999. Genetic and environmental variations and associations of the characters related to the grain filling process in rice cultivars. *Plant Prod. Sci.* 2: 32-36.
16. Kumari, S.L. and G. Valarmathi. 1998. Relationship between grain yield, grain filling rate and duration of grain filling in rice. *Modras Agric. J.* 85: 210-211.
17. Mirza, M.J. 1992. Correlation studies and path analysis of plant height yield components in rice. *Sarhad J. Agric.* 8: 647-653.
18. Mohandass, D., N. Natarajaratanam and C. Kailasam. 1988. A new hybrid model for panicle growth in rice. *J. Agron. Crop Sci.* 161: 207-209.
19. Rahangdale, S.L., A.M. Dhopte and S.M. Deshmukh. 1987. Physiological basis of varietal differences in productivity of early tall and late dwarf upland rice. *Ann. Plant Physiol.* 1: 19-35.
20. Rao, S.P., B. Venkateswarlu and T.L. Acharyulu. 1984. Interrelationships of grain size, number and spikelet filling for enhanced yield potential in rice. *Indian J. Plant Physiol.* 27: 281-289.
21. Rao, S.P. 1991. Influence of source and sink on the production of high density grain and yield in rice. *Indian J. Plant Physiol.* 34: 339-348.
22. Rao, S.P. 1992. Flag leaf: a selection criterion for exploiting potential yield in rice. *Indian J. Plant Physiol.* 35: 265-268.
23. Reddy, C.D. 1992. Studies on correlations and path coefficient in parental lines sensitive to iron chlorosis and F₂

populations of rice. *Oryza* 29: 204-207.

24. Venkateswarlu, B. 1976. Source-sink interrelationships in lowland rice. *Plant Soil* 44: 575-586.

25. Yoshida, S. 1984. Rice dicusses tipices of rice physiology as they relate productivity. Losbanos philippines.