

## مقایسه مدل‌های رگرسیون لجستیک، تکه‌ای و خطی در تخمین سرعت و طول دوره موثر پرشدن دانه ارقام برنج در آرایش‌های مختلف کاشت

حسین صبوری<sup>۱</sup>، عبدالمجید رضایی<sup>۲</sup>، سیدعلی محمد میرمحمدی مبینی<sup>۳</sup>، مسعود اصفهانی<sup>۴</sup> و مسعود کاوسی<sup>۵</sup>  
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان  
۴، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان و ۵، پژوهشیار بخش آب و خاک مؤسسه تحقیقات برنج کشور  
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۱۱/۱۵

### خلاصه

این پژوهش به منظور مقایسه مدل‌های لجستیک، تکه‌ای و خطی در برآورد سرعت و طول دوره موثر پرشدن دانه ۳ رقم بومی و ۵ رقم اصلاح شده برنج در دو آرایش کاشت ۱۵×۱۵ و ۳۰×۳۰ سانتی‌متر اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل ۲×۸ در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در ۳ تکرار در موسسه تحقیقات برنج کشور و در سال زراعی ۱۳۸۰ پیاده گردید. نتایج حاصل از برازش معادله خطی نشان داد که ارقام کم محصول بومی دارای سرعت پرشدن دانه و طول دوره موثر پرشدن دانه پایین‌تری نسبت به ارقام پرمحصول اصلاح شده بودند. همچنین ارقام بومی زمان بیشتری از دوره پرشدن دانه را در دوره خفتگی بسر بردند. اثر مستقیم سرعت و طول دوره موثر پرشدن دانه بر عملکرد در هر دو آرایش کاشت و در مجموع دو آرایش مثبت بود. نتایج حاصل از برازش معادله لجستیک نیز نشان داد که ارقام پرمحصول خارجی سرعت پرشدن دانه و طول دوره موثر پرشدن دانه بیشتری نسبت به ارقام کم محصول داخلی دارند. روند تغییرات سرعت پرشدن دانه و طول دوره موثر پرشدن دانه حاصل از برازش معادلات تکه‌ای عکس نتایجی بود که از برازش معادلات خطی و لجستیک حاصل شد، اما در هر دو آرایش کاشت اثر مستقیم سرعت پرشدن دانه بر عملکرد مثبت بود. نتایج نشان دادند که در شرایط انجام این بررسی برازش معادلات خطی و لجستیک برای تخمین سرعت و طول دوره موثر پرشدن دانه برنج مناسب می‌باشند.

**واژه‌های کلیدی:** برنج، تجزیه علیت، اثر مستقیم و غیرمستقیم، سرعت پرشدن دانه، دوره مؤثر پرشدن دانه.

### مقدمه

از آنجایی که وزن دانه به عنوان یکی از اجزاء مهم تعیین کننده عملکرد دانه به شدت تحت تاثیر سرعت و طول دوره پرشدن دانه قرار می‌گیرد، ارتباط بین سرعت پرشدن دانه و طول دوره پرشدن دانه با وزن دانه می‌تواند راهگشایی برای بهنژادگران در جهت رسیدن به حداکثر عملکرد باشد. علاوه بر این طول دوره پرشدن دانه در مناطقی که با تنش‌های پایان فصل رشد روبرو هستند، بسیار مهم است، ولی در اکثر اوقات زودرسی با کاهش عملکرد همراه است. بنابراین شاید با توجه به فرآیندهای دوره پرشدن دانه بتوان با انتخاب در جهت افزایش

سرعت پرشدن دانه، راهی برای تولید ارقام پرمحصول و زودرس فراهم نمود. کاتو (۱۹۹۹) گزارش نمود که مانعی در جهت افزایش سرعت پرشدن دانه و کوتاه نمودن طول دوره پرشدن دانه و تولید ارقام پرمحصول برنج وجود ندارد. در محیط‌هایی که در اغلب اوقات با تنش‌های سخت روبرو هستند، ژنوتیپ‌هایی با سرعت بالای پرشدن دانه همراه با طول متوسط دوره پرشدن دانه مفید خواهند بود (۲). همبستگی مثبت بین تعداد روز تا گرده‌افشانی و طول دوره پرشدن دانه در غلات دانه ریز مانند گندم نان، جو و یولاف در بسیاری از گزارشات مشاهده می‌شود و حتی در محیط‌های تحت تنش نیز وجود دارد (۲).

خصوصیات ژنتیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با وزن خوشه در برنج از دو جنبه بررسی می‌شوند. جنبه اول مربوط به اثر گنجایش ذخیره‌ای خوشه است و جنبه دوم به تامین مواد فتوسنتزی برای خوشه ارتباط دارد. تعداد خوشه، تعداد دانه‌های هر خوشه و اندازه دانه در تعیین گنجایش ذخیره‌ای خوشه‌ها نقش دارند (۱، ۴). علاوه بر این طول دوره پرشدن دانه نیز به اندازه دانه‌ها بستگی دارد و وزن نهایی دانه‌ها را طول دوره پرشدن دانه تعیین می‌کند (۱۱، ۱۷). میزان مواد فتوسنتزی که به دانه‌ها می‌رسند به سرعت پرشدن دانه و طول دوره پرشدن دانه بستگی دارد و وزن واقعی دانه با اندازه دانه‌ها محدود می‌شود. افزایش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به طرف دانه و به عبارت دیگر سرعت پرشدن دانه موجب ازدیاد تعداد دانه‌های پر نیز می‌شود (۳).

وان سانفورد (۱۹۸۵) در گندم رابطه معنی‌داری بین اندازه دانه و عملکرد دانه با سرعت پرشدن دانه (شیب مرحله خطی در منحنی سیگموئیدی پر شدن دانه) گزارش نمود، درحالی‌که رابطه بین اندازه دانه و عملکرد دانه با طول دوره مؤثر پرشدن دانه (نسبت وزن نهایی دانه بر سرعت پرشدن دانه) معنی‌دار نبود. در بررسی وی ژنوتیپ‌های با زمان خوشه‌دهی کوتاه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه طولانی، رسیدگی فیزیولوژیک طولانی‌تری داشتند، درحالی‌که ژنوتیپ‌هایی که زمان خوشه‌دهی طولانی‌تر داشتند دارای طول دوره مؤثر پرشدن دانه کوتاه‌تری بودند. وان سانفورد (۱۹۸۵) رابطه بین تعداد روز تا گرده‌افشانی با سرعت پرشدن دانه، اندازه دانه و عملکرد دانه را مثبت گزارش نمود، درحالی‌که رابطه بین تعداد روز تا گرده‌افشانی با طول دوره مؤثر پرشدن دانه منفی و معنی‌دار بود. در این تحقیق همبستگی بین طول دوره مؤثر پرشدن دانه با اندازه دانه در بعضی از مکان‌های مورد بررسی مثبت و در برخی از مکان‌ها منفی بود. رابطه بین سرعت پرشدن دانه با طول دوره مؤثر پرشدن دانه منفی و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. وی با توجه به نتایج حاصل، انتخاب برای سرعت پرشدن دانه بالاتر را برای دستیابی به ژنوتیپ‌های زودرس پیشنهاد کرد تا زمینه برای کشت دوم بعد از برداشت گندم فراهم شود.

وجود تنوع ژنتیکی و محیطی برای طول دوره پرشدن دانه در برنج گزارش شده است (۱۲). پونلیت و ایگلی (۱۹۷۰) به وجود تنوع ژنتیکی برای سرعت پرشدن دانه (شیب معادله خطی در محدوده زمانی ۳۰-۱۵ روز بعد از گرده افشانی) در لاین‌های خالص و دورگ‌های گندم اشاره نمودند. در این بررسی اختلافات معنی‌داری بین لاین‌های خالص، دورگ‌ها و همچنین آرایش‌های مختلف کاشت برای طول دوره مؤثر پرشدن دانه (نسبت وزن دانه‌های رسیده بر سرعت پرشدن دانه) گزارش شد، اما اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  آرایش کاشت معنی‌دار نبود. پونلیت و ایگلی (۱۹۷۰) نشان دادند که سرعت پرشدن دانه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه تحت کنترل ژنتیکی می‌باشند، اما طول دوره مؤثر پرشدن دانه بیشتر تحت تاثیر آرایش کاشت قرار می‌گیرد. در بررسی این محققین سرعت اضافه‌شدن وزن خشک دانه تحت تاثیر آرایش کاشت قرار نگرفت، هرچند که در تراکم‌های بالا، طول دوره مؤثر پرشدن دانه ۲/۵ روز کمتر از تراکم‌های پایین گزارش شد. میانگین طول دوره مؤثر پرشدن دانه برای دورگ‌ها ۶/۱ روز بیشتر از لاین‌های خالص بود.

بروخنر و فروهبرگ (۱۹۸۷) وجود تنوع ژنتیکی زیادی را برای سرعت پرشدن دانه و طول دوره پرشدن دانه (حاصل برآزش معادله درجه دوم) در گندم گزارش نمودند. آنها عنوان کردند که افزایش دما در دوره پرشدن دانه، باعث تسریع در رسیدگی فیزیولوژیک می‌شود. همبستگی بین سرعت پرشدن دانه با طول دوره پرشدن دانه، تعداد دانه، تعداد پنجه و طول دوره رشد منفی گزارش شد. همبستگی بین سرعت پرشدن دانه با وزن دانه مثبت و معنی‌دار گردید. همبستگی بین طول دوره پرشدن دانه با وزن دانه و عملکرد دانه مثبت گزارش شد، درحالی‌که همبستگی بین این صفت با تعداد دانه، تعداد روز تا گرده‌افشانی و طول دوره رشد منفی بود. چون همبستگی سرعت پرشدن دانه با وزن دانه بیشتر از همبستگی بین طول دوره پرشدن دانه با وزن دانه بوده است، این محققین پیشنهاد نمودند که انتخاب برای سرعت پرشدن دانه جهت افزایش وزن دانه مفیدتر خواهد بود.

جیبیهو و همکاران (۱۹۸۱) ضریب همبستگی فنوتیپی سرعت پرشدن دانه (حاصل از برآزش معادله درجه سوم) با طول دوره پرشدن دانه و وزن دانه گندم را به ترتیب ۰/۱ و ۰/۷۵\*\*

دانه ارقام مختلف برنج در دو آرایش کاشت و تعیین روابط علت و معلولی آنها با عملکرد دانه به اجرا درآمد.

### مواد و روش‌ها

این بررسی به منظور تعیین سرعت پرشدن دانه هشت رقم برنج در دو آرایش کاشت در بهار سال ۱۳۸۰ در موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در رشت انجام گردید. ارتفاع محل از سطح دریا ۳۲ متر می‌باشد و در ۱۲' ۵" ۳۷° عرض شمالی و ۳۰' ۳۸" ۴۹° طول شرقی قرار دارد. باتوجه به نتایج تجزیه خاک، مقدار سیلت، شن و رس خاک محل آزمایش به ترتیب ۵۰،۱۶ و ۳۴ درصد است. آزمایش به صورت فاکتوریل ۲×۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی را ارقام بومی بینام، هاشمی، علی‌کاظمی و ارقام اصلاح شده خزر، سپیدرود، نعمت، تاجچونگ<sup>۱</sup> و کانتوا<sup>۲</sup> تشکیل دادند. آرایش‌های کاشت در زمین اصلی را دو فاصله کاشت ۱۵ × ۱۵ و ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متر تشکیل دادند. اندازه هر کرت فرعی ۲×۳ متر بود. بدین ترتیب تراکم‌های مزبور به ترتیب ۱۱ و ۶ ردیف کاشت را شامل شدند. کاشت بذور در خزانه به صورت خشک در تاریخ ۸۰/۱/۲۳ انجام شد. به میزان ۱۰۰ کیلوگرم اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیم نیز قبل از کاشت بذور به خزانه اضافه گردید. به منظور جلوگیری از رشد علف‌های هرز نظیر سوروف<sup>۳</sup>، قبل از نشاء از امولسیون ۶۰ درصد علف‌کش انتخابی بوتاکلر<sup>۴</sup> استفاده شد. میزان مصرف کود اوره، در زمین اصلی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که دوسوم آن در هنگام مسطح کردن زمین و یک سوم آن در هنگام تشکیل خوشه در زمین پخش گردید. کود پتاس (K<sub>2</sub>O) از نوع کلرید پتاسیم نیز به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود فسفات (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) از نوع سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. به منظور مبارزه با پروانه ساقه خوار برنج<sup>۵</sup> از سم دیازینون<sup>۶</sup> ده درصد به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار در

گزارش نمودند. در این تحقیق همبستگی محیطی بین سرعت پرشدن دانه و طول دوره پرشدن دانه منفی و معنی‌دار بود، بنابراین تحت شرایط محیطی خاص کوتاهی طول دوره پرشدن دانه با سرعت بیشتر پرشدن دانه جبران خواهد شد. این نتیجه در مطالعه سوفلید و همکاران ( به نقل از ۶) نیز گزارش شده است.

جونز و همکاران (۱۹۷۸) همبستگی بین سرعت پرشدن دانه با وزن خوشه و وزن صد دانه را در برنج مثبت گزارش نمودند، درحالی‌که همبستگی این صفت با تعداد خوشه در متر مربع منفی بود. طول دوره پرشدن دانه با وزن خوشه، تعداد دانه‌های هر خوشه و برآورد حداکثر وزن خوشه رابطه مثبت داشت (به ترتیب ۰/۳۳، ۰/۲۸ و ۰/۹۵\*\*). در صورتیکه رابطه این صفت با تعداد روز تا ۵۰ درصد خوشه‌دهی، تعداد خوشه و وزن صد دانه منفی بود (به ترتیب ۰/۰۳-، ۰/۴۴- و ۰/۰۷-). در این مطالعه همبستگی طول دوره پرشدن دانه نسبت به سرعت پرشدن دانه با عملکرد بالاتر بود.

داروچ و بیکر (۱۹۹۰) تغییرات ژنتیکی را برای سرعت و طول دوره پرشدن دانه در ارقام گندم بهاره گزارش نمودند و نشان دادند که وزن نهایی دانه یک رقم، مهمترین متغیر در بین خصوصیات مرتبط با پرشدن دانه می‌باشد. اگرچه سرعت و طول دوره پرشدن دانه در تولید دانه‌های بزرگتر نقش دارند، اما سرعت پرشدن دانه همبستگی بیشتری با دانه‌های بزرگتر دارد. البته در این مطالعه بزرگترین دانه‌ها مربوط به ژنوتیپی بودند که بالاترین طول دوره پرشدن دانه را داشت.

داشتن تراکم مطلوب برای رسیدن به حداکثر پتانسیل ارقام ضروری است. میلر و همکاران (۱۹۹۱) گزارش نمودند که ۸۹ درصد تغییرات عملکرد برنج بوسیله تعداد خوشه در متر مربع توجیه می‌گردد. گراویوس و هلم (۱۹۹۲) گزارش نمودند که اجزاء عملکرد برنج تحت تاثیر تراکم کاشت قرار می‌گیرند، بطوری که تعداد خوشه در متر مربع حتی در تراکم کم که تعداد دانه پر در خوشه نقش جبرانی پیدا می‌کند، بیشترین اثر را بر عملکرد دارد. از طرف دیگر سرعت و طول دوره پر شدن دانه دو ویژگی مهم در شکل‌گیری وزن نهایی دانه می‌باشند. لذا این پژوهش به منظور برآورد سرعت و طول دوره موثر پرشدن

1. Taichang
2. Chanto
3. *Echinochloa crus galli*
4. Butacholor
5. Stem borers
6. Diazinon

موقع وجین و در زمان خوشه‌دهی و چند روز قبل از رسیدگی استفاده شد.

برای تعیین خصوصیات دوره پرشدن دانه، با رعایت حاشیه، خوشه‌های اصلی هر واحد آزمایشی در زمان خوشه‌دهی با روبان قرمز رنگ مشخص شدند و از ۸ روز پس از خوشه‌دهی به فاصله زمانی ۳ روز، تعداد ۳ خوشه اصلی به صورت تصادفی انتخاب و برداشت گردیدند و پس از خشک کردن به مدت ۴۸ ساعت در حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد، دانه‌های پر جدا شده و وزن و تعداد آنها ثبت شد. از میانگین وزن دانه‌های پر برای تعیین معادله مناسب برای توجیه تغییرات وزن دانه نسبت به زمان استفاده شد.

برای محاسبه سرعت و طول دوره مؤثر پرشدن دانه، ابتدا به کمک معادله حاصل از برازش رگرسیون خطی وارون (۱۰) بین وزن دانه (متغیر ثابت) و زمان (متغیر تابع) محدوده تشکیل ۱۰ و ۹۰ درصد عملکرد نهایی تخمین زده شد. سپس به کمک شیب رگرسیون خطی وزن دانه (متغیر تابع) و زمان (متغیر ثابت) در محدوده مذکور، سرعت پرشدن دانه برآورد شد. طول دوره خفتگی با قرار دادن عدد صفر به جای وزن دانه در معادله رگرسیون وارون تخمین زده شد. برای تخمین طول دوره مؤثر پرشدن دانه، ابتدا به کمک رگرسیون وارون، زمان تشکیل ۹۰ درصد عملکرد نهایی برآورد گردید و از تفاضل بین زمان حصول ۹۰ درصد عملکرد نهایی پیش بینی شده و پایان دوره خفتگی، طول دوره مؤثر پرشدن دانه به دست آمد.

برای محاسبه سرعت و طول دوره پرشدن دانه معادله لجستیک<sup>۱</sup> (۵) زیر نیز بر داده‌ها برازش داده شد:

$$y = \frac{W}{1 + \exp(B - CX)}$$

در معادله فوق  $y$  میانگین وزن دانه بر حسب میلی‌گرم،  $X$  زمان و  $W$  تخمینی از وزن نهایی دانه بر حسب میلی‌گرم است. در معادله فوق  $C$  مرتبط با سرعت پرشدن دانه می‌باشد. سرعت پرشدن دانه از رابطه  $R = \frac{CW}{4}$  به دست آمد. با فرض اینکه زمان تکمیل شدن دانه هنگامی است که وزن دانه‌ها به ۹۵ درصد وزن نهایی می‌رسد، طول دوره مؤثر پرشدن دانه‌ها (T) برآورد شد. پارامتر T با جای گذاری  $W = 0.95$  به جای  $y$  در

معادله لجستیک مزبور و حل آن برای  $X$  به صورت زیر محاسبه شد:

$$\left\{ \begin{array}{l} T = \frac{B - \ln\left(\frac{0.05W}{0.95W}\right)}{C} \\ T = \frac{B + 2/944}{C} \end{array} \right.$$

بنابراین:

با برازش مدل تکه‌ای<sup>۲</sup> (V) نیز می‌توان به تخمینی از سرعت پرشدن دانه دست یافت. نمودار پراکنش وزن دانه بر حسب تعداد روز پس از گرده‌افشانی نشان می‌دهد که تا تعداد روز معینی، وزن دانه به‌طور خطی افزایش می‌یابد و سپس در حد ثابتی باقی می‌ماند. بنابر این دو مدل تکه‌ای زیر بر داده‌ها برازش داده شد:

$$y = a + bx \quad x < x_0$$

$$y = a + bx \quad x > x_0$$

در این روابط  $y$  وزن دانه،  $b$  سرعت پرشدن دانه و  $x_0$  تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک پس از خوشه‌دهی می‌باشد. پارامترهای فوق‌الذکر (معادلات لجستیک و تکه‌ای) از روش DUD و از دستور proc NLIN در نرم افزار SAS برآورد شدند (V).

## نتایج و بحث

برخی از خصوصیات فیزیولوژیک ارقام مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده‌اند. بحث پیرامون این نتایج موضوع مقاله دیگری است ولی به طور خلاصه تفاوت بین ارقام و بین آرایشهای کاشت برای کلیه خصوصیات معنی‌دار است. بطوری که مشاهده می‌شود، تنوع قابل قبولی برای اکثر صفات وجود دارد. سرعت پرشدن دانه، طول دوره مؤثر پرشدن دانه و طول دوره خفتگی بر اساس مدل خطی و به تفکیک آرایشهای مختلف کاشت و مجموع دو آرایش در جدول ۲ آمده است. ارقام کم محصول بومی، بینام، هاشمی و علی کاظمی دارای میانگین سرعت پرشدن دانه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه پایین‌تری نسبت به ارقام اصلاح شده بودند، ولی دوره خفتگی طولانی‌تری داشتند. با افزایش فاصله کاشت بین بوته‌ها سرعت پرشدن دانه‌ها و طول دوره مؤثر پرشدن دانه افزایش یافت. با افزایش فاصله بین بوته‌ها، گیاه به مدت بیشتری رشد می‌کند و در

مستقیم مثبتی را بر عملکرد اعمال می‌کنند. اثر مستقیم سرعت پرشدن دانه در آرایش کاشت  $15 \times 15$  سانتی‌متر بیشتر از آرایش کاشت  $30 \times 30$  سانتی‌متر بود، در حالیکه این اثر برای طول دوره مؤثر پرشدن دانه برعکس بود. با توجه به اینکه همبستگی بین سرعت پرشدن دانه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه ناچیز می‌باشد ( $0.22$ ،  $0.15$ ،  $-0.09$  به ترتیب در آرایش‌های کاشت  $15 \times 15$  و  $30 \times 30$  سانتیمتر و مجموع دو آرایش)، این دو صفت به طور مستقل از هم می‌توانند در جهت افزایش عملکرد دانه در برنامه‌های انتخاب مورد توجه واقع شوند. لذا به نظر می‌رسد که بسته به شرایط تولید، می‌توان از هر یک از این دو ویژگی برای تولید ارقام پر محصول بهره جست. برای مثال در شرایطی که به علت تنش محیطی طول دوره رشد محدود است، می‌توان ژنوتیپ‌هایی با سرعت بالای پر شدن دانه برای تراکم کاشت کم تولید نمود. جونز و همکاران (۱۹۷۲) در برنج و بروختر و فروهبرگ (۱۹۸۷) در گندم همبستگی مثبتی را بین سرعت پرشدن دانه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه و عملکرد گزارش نمودند. وجود همبستگی منفی بین این دو ویژگی نیز در برنج گزارش شده است (۱۳).

نتیجه مدت زمان بیشتری را صرف پرکردن دانه خواهد کرد. از طرف دیگر چون گیاه در تراکم‌های پایین‌تر دارای زیست توده بالاتری است (جدول ۱)، در زمان رسیدگی مواد فتوسنتزی بیشتری را به سوی مقاصد ذخیره کننده می‌فرستد. علت کاهش طول دوره مؤثر پرشدن دانه در آرایش کاشت  $15 \times 15$  سانتی‌متر می‌تواند تنشی باشد که رقابت بین بوته‌ای موجب آن می‌شود. ارقام کم محصول بومی زمان بیشتری از دوره پرشدن دانه را در حالت خفتگی بودند. طول دوره خفتگی بالا در ارقام کم محصول می‌تواند دلیلی برای عملکرد پایین ارقام بینام، هاشمی و علی‌کاظمی باشد. همبستگی طول دوره خفتگی با سرعت پر شدن دانه در آرایش‌های کاشت  $15 \times 15$  و  $30 \times 30$  سانتیمتر و در مجموع دو آرایش کاشت به ترتیب برابر با  $-0.07$ ،  $-0.48$  و  $-0.06$  بود. همبستگی این صفت با طول دوره مؤثر پرشدن دانه نیز به ترتیب  $-0.85$ ،  $-0.68$  و  $-0.54$  بود.

بررسی روابط علت و معلولی بین سرعت پرشدن دانه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه با عملکرد در هر آرایش کاشت و مجموع دو آرایش کاشت (جدول ۳) نشان داد که هر دو خصوصیت اثر

جدول ۱- میانگین صفات ارقام مختلف برنج در دو آرایش کاشت

رقم	آرایش کاشت	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در خوشه	وزن خوشه (گرم)	وزن دانه (میلی‌گرم)	طول خوشه (سانتیمتر)	تعداد روز تا خوشه دهی	زیست توده در خوشه دهی (گرم در بوته)
بینام	$15 \times 15$	۲۶۹۰/۳۵	۴۳/۰۷	۱/۳۰	۲۷	۹/۶۳	۱۰۴/۶۷	۱۱/۴۷
بینام	$30 \times 30$	۳۲۰۰/۸۰	۵۵/۹۷	۲/۰۳	۲۷	۱۶/۵۱	۱۰۶/۶۷	۴۹/۴۰
هاشمی	$15 \times 15$	۲۵۵۰/۰۶	۴۲/۵۰	۱/۴۳	۲۵	۹/۳۷	۱۰۵/۳۳	۱۵/۷۰
هاشمی	$30 \times 30$	۲۸۲۰/۳۵	۵۴/۳۰	۱/۶۳	۲۵	۱۷/۳۰	۱۰۸/۶۷	۳۲/۵۳
علی کاظمی	$15 \times 15$	۲۷۰۰/۸۰	۴۴/۶۱	۱/۵۷	۲۹	۸/۴۷	۱۰۱/۰۰	۹/۸۷
علی کاظمی	$30 \times 30$	۳۴۰۰/۱۶	۶۲/۷۳	۲/۲۰	۲۸	۱۶/۶۰	۱۰۵/۶۷	۳۴/۹۰
خزر	$15 \times 15$	۳۹۰۰/۲۰	۵۰/۳۳	۱/۶۷	۲۴	۱۰/۰۷	۱۱۱/۳۳	۱۷/۰۷
خزر	$30 \times 30$	۴۰۹۰/۷۳	۶۵/۶۷	۲/۳۳	۲۷	۱۴/۸۰	۱۱۳/۰۰	۴۰/۰۷
سپیدرود	$15 \times 15$	۳۴۹۰/۰۱	۴۸/۵۰	۱/۳۳	۲۶	۱۴/۷۰	۱۰۷/۰۰	۱۶/۹۳
سپیدرود	$30 \times 30$	۴۱۲۰/۸۵	۵۶/۰۳	۱/۶۳	۲۵	۲۲/۷۰	۱۰۹/۶۷	۳۰/۰۳
نعمت	$15 \times 15$	۳۶۵۰/۱۵	۴۶/۳۵	۱/۲۷	۲۹	۱۵/۲۷	۱۱۶/۳۳	۱۸/۳۷
نعمت	$30 \times 30$	۴۶۹۰/۰۶	۵۳/۰۷	۲/۰۰	۲۷	۲۳/۰۰	۱۱۹/۶۷	۴۰/۷۰
تایچونگ	$15 \times 15$	۳۹۸۰/۳۷	۴۲/۹۱	۱/۶۰	۲۹	۱۲/۵۰	۱۱۰/۰۰	۱۳/۳۳
تایچونگ	$30 \times 30$	۴۱۶۰/۲۷	۵۲/۴۳	۲/۱۳	۲۹	۲۳/۱۳	۱۱۳/۰۰	۳۵/۴۷
کانتوا	$15 \times 15$	۳۵۴۰/۶۴	۴۰/۴۱	۱/۵۰	۲۴	۹/۸۳	۱۰۵/۶۷	۱۰/۵۶
کانتوا	$30 \times 30$	۳۹۵۰/۵۰	۵۰/۶۳	۲/۰۰	۲۴	۱۹/۱۰	۱۰۷/۰۰	۳۳/۴۰
		۱۰۷/۰	۴/۹۲	۰/۰۱	۲/۲۹	۲/۱۳	۱/۵۲	۱/۴۹

LSD 0.05

جدول ۲- سرعت پرشدن دانه، طول دوره مؤثر پرشدن دانه و طول دوره خفتگی ارقام برنج در سه آرایش کاشت بر مبنای مدل خطی

رقم	آرایش کاشت	سرعت پرشدن دانه (میلی گرم در روز)	طول دوره مؤثر پر شدن دانه (روز)	طول دوره خفتگی (روز)
بینام	۱۵×۱۵	۱/۴۴۳	۱۵/۵	۷/۵
بینام	۳۰×۳۰	۱/۵۳۴	۱۵/۲	۷/۲
هاشمی	۱۵×۱۵	۱/۲۷۰	۱۵/۲	۸/۱
هاشمی	۳۰×۳۰	۱/۲۸۷	۱۷/۲	۷/۶
علی کاظمی	۱۵×۱۵	۱/۱۴۳	۱۴/۹	۷/۰
علی کاظمی	۳۰×۳۰	۱/۳۱۴	۱۵/۲	۷/۹
خزر	۱۵×۱۵	۱/۴۲۹	۱۶/۱	۵/۷
خزر	۳۰×۳۰	۱/۴۸۶	۱۸/۶	۶/۱
سپیدرود	۱۵×۱۵	۱/۴۱۷	۱۷/۴	۳/۳
سپیدرود	۳۰×۳۰	۱/۴۵۸	۱۷/۷	۵/۷
نعمت	۱۵×۱۵	۱/۲۶۰	۱۷/۶	۶/۰
نعمت	۳۰×۳۰	۱/۳۱۶	۱۷/۷	۵/۹
تایچونگ	۱۵×۱۵	۱/۶۳۶	۱۵/۳	۵/۶
تایچونگ	۳۰×۳۰	۱/۶۸۰	۱۵/۴	۶/۰
کانتوا	۱۵×۱۵	۱/۶۵۳	۱۷/۱	۶/۱
کانتوا	۳۰×۳۰	۱/۶۶۰	۱۷/۳	۵/۹

جدول ۳- آثار مستقیم (روی قطر) و غیر مستقیم سرعت پرشدن دانه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه با برآزش معادله خطی بر عملکرد دانه

صفت	آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی متر			آرایش کاشت ۳۰×۳۰ سانتی متر			مجموع ۲ آرایش کاشت		
	سرعت پرشدن دانه	طول دوره مؤثر پرشدن دانه	ضریب همبستگی با عملکرد دانه	سرعت پرشدن دانه	طول دوره مؤثر پرشدن دانه	ضریب همبستگی با عملکرد دانه	سرعت پرشدن دانه	طول دوره مؤثر پرشدن دانه	ضریب همبستگی با عملکرد دانه
سرعت پرشدن دانه	۰/۴۸۴	۰/۰۹۳	۰/۵۷۷	۰/۳۶۸	-۰/۰۶۳	۰/۳۰۵	۰/۴۴۸	۰/۰۳۹	۰/۴۸۷
طول دوره مؤثر پرشدن دانه	۰/۱۰۷	۰/۴۲۲	۰/۵۲۹	-۰/۰۵۴	۰/۴۳۰	۰/۳۷۶	۰/۰۳۹	۰/۴۴۳	۰/۴۸۲

فاصله کاشت بین بوته‌ها افزایش یافت. شاید علت افزایش سرعت پر شدن دانه در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی متر در ارقام بومی، قدرت پنجه‌زنی کم آنها باشد (جدول ۱). در این تراکم کاشت ارقام مذکور با داشتن پنجه کمتر، رقابت بین بوته‌ای و درون بوته‌ای کمتری را داشتند و در نتیجه قادر بودند

نتایج حاصل از برآزش معادله لجستیک (جدول ۴) نشان داد که سرعت پرشدن دانه در ارقام بومی با افزایش فاصله کاشت بین بوته‌ها کاهش می‌یابد، در حالیکه دوره مؤثر پرشدن دانه (جز رقم هاشمی که تفاوت چشمگیری نشان نداد) طولانی تر می‌شود. سرعت پر شدن دانه در ارقام اصلاح شده با افزایش

دانه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه بر عملکرد مثبت و بالا بود. همبستگی کم بین سرعت و طول دوره مؤثر پرشدن دانه (۰/۰۷) در این تراکم این امکان را فراهم می‌آورد که با انتخاب برای صفات مذکور به افزایش عملکرد دانه امید داشت. همبستگی این دو صفت در آرایش کاشت ۱۵ × ۱۵ سانتی‌متر و در مجموع دو آرایش کاشت به ترتیب \* ۰/۷۷ و -۰/۳۲ بود.

جدول ۴- سرعت و طول دوره مؤثر پر شدن دانه ارقام برنج در دو

آرایش کاشت بر مبنای مدل لجستیک

رقم	آرایش کاشت	سرعت پر شدن دانه (میلی‌گرم در روز)	طول دوره مؤثر پر شدن دانه (روز)
بینام	۱۵×۱۵	۱/۱۶۱	۱۸/۰۰
بینام	۳۰×۳۰	۱/۱۱۵	۲۲/۹۰
هاشمی	۱۵×۱۵	۱/۲۸۵	۱۷/۸۰
هاشمی	۳۰×۳۰	۱/۲۲۸	۱۷/۶۵
علی‌کاظمی	۱۵×۱۵	۱/۳۴۷	۱۷/۲۰
علی‌کاظمی	۳۰×۳۰	۱/۰۷۴	۲۲/۴۰
خزر	۱۵×۱۵	۱/۱۶۵	۲۰/۴۰
خزر	۳۰×۳۰	۱/۲۵۲	۲۱/۸۰
سیدرود	۱۵×۱۵	۱/۱۵۷	۲۴/۹۷
سیدرود	۳۰×۳۰	۱/۲۸۸	۲۳/۷۰
نعمت	۱۵×۱۵	۱/۱۹۷	۲۲/۶۰
نعمت	۳۰×۳۰	۱/۳۳۳	۲۴/۶۰
تایچونگ	۱۵×۱۵	۱/۰۵۶	۲۴/۸۰
تایچونگ	۳۰×۳۰	۱/۱۷۸	۲۶/۶۰
کانتوا	۱۵×۱۵	۱/۱۲۳	۲۳/۸۰
کانتوا	۳۰×۳۰	۱/۲۲۶	۲۵/۸۰

مواد غذایی بیشتری را به پرکردن دانه‌ها اختصاص دهند. حالیکه ارقام پرپنجه اصلاح شده به خاطر پنجه‌زنی زیاد تحت تاثیر نوعی تنش حاصل از رقابت بین بوته‌ای و درون بوته‌ای بوده‌اند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و تعداد پنجه در برنج گزارش شده است (۳).

داروچ و بیکر (۱۹۹۵) به کمک برازش معادله دو و سه پارامتری لجستیک در گندم موفق به یافتن ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا همراه با سرعت پرشدن دانه بالا، عملکرد بالا و همراه با سرعت پرشدن دانه متوسط و عملکرد بالا با سرعت پرشدن پایین شدند. بنابراین امکان داشتن عملکرد بالا و سرعت پرشدن دانه بالا وجود دارد. در این بررسی سرعت رشد نسبی دانه با میانگین سرعت پرشدن دانه ارتباط ضعیفی داشت (1 = 0/01) و همبستگی بین میانگین سرعت پرشدن دانه با وزن دانه پایین و به میزان ۰/۰۸ بود.

بررسی روابط علت و معلولی حاکم بر سرعت پرشدن دانه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه (بر مبنای مدل لجستیک) با عملکرد دانه (جدول ۵) نشان داد که در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متر اثر مستقیم سرعت پرشدن دانه ناچیز و اثر طول دوره مؤثر پرشدن دانه مثبت بود. با افزایش طول دوره پرشدن دانه، عملکرد دانه افزایش یافت، در حالیکه سرعت پرشدن دانه با شدت کمی افزایش پیدا کرد. به نظر می‌رسد که در این آرایش کاشت، گیاه به خاطر رقابت بین بوته‌ای مواد غذایی کمتری در دسترس دارد و زیست توده کمتری جهت فراهم کردن مواد فتوسنتزی در زمان رسیدگی در اختیار دارد (جدول ۱). در آرایش کاشت ۳۰×۳۰ سانتی‌متر آثار مستقیم سرعت پرشدن

جدول ۵- آثار مستقیم (روی قطر) و غیر مستقیم سرعت پرشدن دانه و طول دوره مؤثر پرشدن دانه با (برازش مدل لجستیک) بر عملکرد دانه

صفت	آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متر		آرایش کاشت ۳۰×۳۰ سانتی‌متر		مجموع آرایش کاشت	
	سرعت پرشدن دانه	طول دوره مؤثر ضریب همبستگی	سرعت پرشدن دانه	طول دوره مؤثر ضریب همبستگی	سرعت پرشدن دانه	طول دوره مؤثر ضریب همبستگی
سرعت پرشدن دانه	۰/۲۷۸	-۰/۷۳۹	۰/۵۷۸	۰/۰۴۹	۰/۲۹۲	-۰/۲۸۱
طول دوره مؤثر پرشدن دانه	۰/۲۱۴	۰/۸۱۲	۰/۶۷۸	۰/۷۲۰	-۰/۰۹۳	۰/۸۸۶

دوره مؤثر پرشدن دانه، برازش معادلات خطی و سپس لجستیک در مورد گیاه برنج توصیه می‌شود.

جدول ۶- سرعت و طول دوره مؤثر پر شدن دانه ارقام برنج در سه آرایش کاشت بر مبنای مدل تکه‌ای

رقم	آرایش کاشت	سرعت پر شدن دانه (میلی گرم در روز)	طول دوره مؤثر پر شدن دانه (روز)
بینام	۱۵×۱۵	۱/۱۸۷	۲۰/۵۰
بینام	۳۰×۳۰	۱/۲۷۳	۲۰/۹۰
هاشمی	۱۵×۱۵	۱/۱۷۳	۲۱/۶۰
هاشمی	۳۰×۳۰	۱/۲۲۰	۲۲/۳۰
علی کاظمی	۱۵×۱۵	۱/۲۶۶	۲۰/۹۰
علی کاظمی	۳۰×۳۰	۱/۳۰۰	۲۲/۸۰
خزر	۱۵×۱۵	۱/۶۰۰	۲۰/۴۰
خزر	۳۰×۳۰	۱/۵۰۰	۲۲/۱۰
سپیدرود	۱۵×۱۵	۱/۷۰۹	۱۷/۴۰
سپیدرود	۳۰×۳۰	۱/۶۱۳	۱۷/۱۰
نعمت	۱۵×۱۵	۱/۶۴۵	۱۸/۳۰
نعمت	۳۰×۳۰	۱/۴۲۰	۱۸/۴۰
تایچونگ	۱۵×۱۵	۱/۸۰۲	۱۷/۹۰
تایچونگ	۳۰×۳۰	۱/۷۳۰	۱۸/۲۰
کانتوا	۱۵×۱۵	۱/۵۴۰	۱۸/۲۰
کانتوا	۳۰×۳۰	۱/۳۶۷	۱۹/۰۰

در برازش معادله خطی بین روند تغییرات سرعت پر شدن دانه و طول دوره مؤثر پر شدن دانه، تمایزی بین آرایش‌های کاشت مورد بررسی مشاهده نگردید. در برازش معادله خطی نیز همانند معادله لجستیک، ارقام اصلاح شده در مقایسه با ارقام بومی سرعت پر شدن دانه و طول دوره مؤثر پر شدن دانه بیشتری داشتند. نتایج حاصل از برازش معادلات تکه‌ای در جدول ۶ آمده است. بررسی نتایج بدست آمده نشان داد که روند تغییرات سرعت پر شدن دانه و طول دوره مؤثر پر شدن دانه عکس حالتی است که از برازش معادله لجستیک حاصل شد. بررسی روابط علت و معلولی (جدول ۷) نشان داد که سرعت پر شدن دانه مانند نتایج معادلات خطی و لجستیک، اثر مستقیم مثبتی را در هر دو آرایش کاشت و در مجموع دو آرایش کاشت بر عملکرد دانه اعمال می‌کند، در حالیکه طول دوره مؤثر پر شدن دانه فقط در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متر اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دارد. همبستگی سرعت پر شدن دانه با طول دوره مؤثر پر شدن دانه در آرایش‌های کاشت ۱۵×۱۵ و ۳۰×۳۰ سانتی‌متر و در مجموع دو آرایش کاشت به ترتیب ۰/۸۵-، ۰/۶۸- و ۰/۷۴- بود. مقایسه روش‌های مختلف برآورد سرعت پر شدن دانه و طول دوره مؤثر پر شدن دانه نشان داد که بین پدیده‌های فیزیولوژیک حاکم بر گیاه و نتایج حاصل از برازش معادله خطی رابطه منطقه‌تری وجود دارد و پس از معادلات خطی، معادله لجستیک از این ویژگی برخوردار است. بنابراین جهت برآورد خصوصیات

جدول ۷- آثار مستقیم (روی قطر) و غیر مستقیم سرعت پر شدن دانه و طول دوره مؤثر پر شدن دانه با برازش معادلات تکه‌ای بر عملکرد دانه

صفت	آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متر		آرایش کاشت ۳۰×۳۰ سانتی‌متر		مجموع آرایش کاشت	
	سرعت پر شدن دانه	طول دوره مؤثر ضریب همبستگی	سرعت پر شدن دانه	طول دوره مؤثر ضریب همبستگی	سرعت پر شدن دانه	طول دوره مؤثر ضریب همبستگی
سرعت پر شدن دانه	۰/۳۲۱-	۰/۹۴۵	۰/۴۰۲	۰/۲۸۹	۰/۶۹۱	۰/۶۰۲
طول دوره مؤثر پر شدن دانه	۰/۳۷۶	۰/۷۰۴-	۰/۲۷۱-	۰/۴۲۸-	۰/۶۹۹-	۰/۴۴۵-
	۱/۰۸۰-					۰/۱۰۴-
						۰/۵۵۹-

REFERENCES

1. Bapu, J. R. 1992. Genotypic association and path analysis in F<sub>3</sub> generation of rice crosses. Modras Agric.J. 76: 619-623.
2. Bruckner, P. L., & R. C. Froberg. 1987. Rate and duration of grain filling in spring wheat. Crop Sci. 27: 451-455.
3. Chau, N. M., & S. C. Bhargava, 1993. Physiological basis of higher productivity in rice. Indian. J. Plant Physiol. 36: 4, 215-219.



4. Chaubey, P. K., & R. P. Singh, 1994. Genetic variability, correlation and path analysis of yield components of rice. *Modras Agric. J.* 81: 468-470.
5. Darroch, A. B., & R. J. Baker. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes: statistical analysis. *Crop Sci.* 30: 525-529.
6. Darroch, A. B., & R. J. Baker. 1995. Two measures of grain filling in spring wheat. *Crop Sci.* 35: 164-167.
7. Everitt, B. S., & G. Der. 1997. *Analysis using SAS*. Chaphman and Hall, London.
8. Gebeyhou, G., D. R., Knott, & R. J. Baker. 1981. Relationships among duration of vegetative and grain filling phases, yield-components and grain yield in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 27: 287-290.
9. Gravois, K. A., & R. S. Helms. 1992. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seeding rate. *Agron. J.* 84: 1-4.
10. Johnson, D. R., & J. W. Tanner. 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 12: 485-486.
11. Jones, D. B., M. L., Peterson, & S. Geng. 1978. Association between grain filling rate and duration and yield component in rice. *Crop Sci.* 19: 641-645.
12. Kato, T. 1999. Genetic and environmental variations and associations of the characters related to grain filling process in rice cultivars. *Plant Production Sci.* 2:32-36.
13. Kumari, S. L., & G. Valarmathi, 1998. Relationship between grain yield, grain filling rate and duration in rice. *Modras Agric.* 85: 210-211.
14. Miller, B. C., J. E. Hall, & S. R. Roberts. 1991. Plant population effects on growth and yield in water-seeded rice. *Agron. J.* 83: 291-297.
15. Poneleit, G. G., & D. B. Egli. 1970. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype. *Crop Sci.* 19: 385-388.
16. Van Sanford, D. A. 1985. Variation in kernel growth characters among soft red winter wheat. *Crop Sci.* 25: 626-630.
17. Vergara, B. 1997. *Rice plant growth and development*. IRRI Pub. Lesbians, Philippines.

**A Comparison of Logistic, Linear, and Segmented Regression Models in Estimation of Rate and Duration of Grain Filling of Rice (*Orgza sativa* L.) Cultivars at Different Planting Patterns**

**H. SABOURI<sup>1</sup>, A. REZAI<sup>2</sup>, S. M. MEIBODI<sup>3</sup>, M. ESFAHANI<sup>4</sup>  
AND M. KAVOUSI<sup>5</sup>**

**1, 2, 3, Former Graduat Student, Professor, and Associate Professor,  
Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology**

**4, Assistant Professor, University of Guilan,**

**5, Associate Researcher, Rasht Rice Research Institute**

**Accepted Feb. 4, 2004**

**SUMMARY**

This research was conducted to compare the suitability of logistic, segmented and linear regression models in estimating rate and duration of grain filling of three Iranian landraces and five cultivars of rice in two planting patterns of 15 × 15 and 30 × 30 cm. The experimental design was a 2 × 8 factorial in randomized complete block layout with three replications. The experiment was conducted at Rasht Rice Research Institute, in 2001. According to the linear and logistic models, low yielding landraces had lower rate of grain filling and shorter grain filling duration than high yielding cultivars. However, adverse results were obtained by fitting the segmented regression model. Also, in fitting the linear model the lag period of grain filling duration was longer for landraces. The direct effects of rates and duration of grain filling estimated based on the three models, on grain yield were positive in both planting patterns as well as their combined data. According to the results obtained, in conditions similar to those in this study, the linear and logistic models are suitable in estimating rate and duration of grain filling in rice.

**Key words:** Direct and indirect effects, Grain filling, Path analysis, Rate and duration of grain filling, Rice