Archive of SID

مجله کشاورزی بوم‌شناختی ۸ (۲) (۱۳۹۷) ۲۸- ۱۳

شناسایی صفات زراعی مؤثر بر عملکرد ارقام بومی برنج با استفاده از مدل‌های رگرسیون چندگانه

حسن حق‌شناس[۱]، افشین سلطانی[۲،*]، عباس قنبری[۳]، حسین عجم نوروزی[۱] و سلمان دستان[۴]

[۱]گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، گرگان، ایران.

[۲]گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

[۳]گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جویبار، جویبار، ایران.

[۴]گروه مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، کرج، ایران.

[*] نویسنده مسئول: afsoltani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۲

حق‌شناس، ح.، ا. سلطانی، ع. قنبری، ح. عجم نوروزی و س. دستان. ۱۳۹۷. شناسایی صفات زراعی مؤثر بر عملکرد ارقام بومی برنج با استفاده از مدل‌های رگرسیون چندگانه. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۸ (۲): ۱۳- ۲۸.

سابقه و هدف: متخصصان اصلاح‌نباتات برای انتخاب اهداف اصلاحی خود از میان صفات متنوع مورفولوژیک و فیزیولوژیک نیاز به دسته‌بندی محدودیت‌ها و قابلیت‌های موجود در گیاهان دارند؛ این موضوع برای برآورد میزان افزایش عملکرد ناشی از تغییر در صفات گیاهی اهمیت بالایی دارد که رسیدن به آن مستلزم استفاده از روش‌های آماری مناسب است. از این‌رو، این پژوهش با هدف شناسایی و انتخاب صفات زراعی مؤثر بر عملکرد ارقام بومی برنج با استفاده از رگرسیون چندگانه در منطقه ساری انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای اجرای آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ رقم بومی برنج، داده‌های مورد نیاز برای استفاده در مدل‌سازی رگرسیونی جمع‌آوری شدند. به منظور تعیین مهم‌ترین صفات و نشان دادن سهم صفات مختلف در تشکیل و تعیین عملکرد شلتوک از روش گزینش متغیر و رگرسیون چندگانه استفاده شد. با استفاده از رگرسیون چندگانه، ارتباط بین عملکرد شلتوک با تمامی صفات به‌صورت کمی تعیین شد. همچنین، با توجه به همبستگی منفی و یا مثبت موجود بین صفات تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت، برای شناسایی تغییرات عملکرد ناشی از همبستگی این دو صفت، سه فرضیه مطرح و جوانب مختلف آن مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث: صفات تعداد روز تا سبز شدن بذر، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول برگ پرچم، تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت که در افزایش عملکرد بیشترین نقش را داشتند، با استفاده از رگرسیون چندگانه، شناسایی و مقدار مطلوب هر یک از آن‌ها مشخص شدند. این هفت متغیر، ۵۰ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. نتایج نشان داد چنانچه ارتباط و همبستگی موجود بین صفات تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت دستخوش تغییرات قرار گیرد، می‌توان از آن به نفع عملکرد بهره گرفت. با توجه به همبستگی منفی موجود بین دو صفت تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت، برای تعیین تغییرات عملکرد سه فرضیه مطرح شد. اگر همبستگی موجود بین صفات شاخص برداشت و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه قابل شکستن نباشد، عملکرد نسبت به متوسط عملکرد ارقام بومی برنج ۱۷۲۲ (از ۴۵۸۱ به ۶۳۰۳) کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. در صورتی که مقدار تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت در حد متوسط بماند، عملکرد به میزان ۱۹۸۵ (از ۴۵۸۱ به ۶۵۶۶) کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. اگر همبستگی بین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت شکسته شود، مقدار افزایش عملکرد ۲۷۴۷ (از

www.SID.ir

Archive of SID

۴۵۸۱ به ۷۳۲۹) کیلوگرم در هکتار خواهد بود. نتایج روش مورد استفاده در این تحقیق به علت اینکه به اختلافات ژنتیکی بین ارقام توجه دارد، می‌تواند راهگشای متخصصان اصلاح‌نباتات برای انتخاب صفات مؤثر بر عملکرد برنج باشد.

نتیجه‌گیری: با انتخاب مقادیر بهینه صفات انتخاب شده در مدل، متوسط عملکرد از ۴۵۸۱ کیلوگرم در هکتار به ۶۳۰۳ تا ۷۳۲۹ کیلوگرم در هکتار قابل افزایش است. نتایج روش مورد استفاده در این پژوهش به علت اینکه به اختلافات ژنتیکی بین ارقام توجه دارد، می‌تواند در کنار سایر روش‌ها به متخصصان اصلاح‌نباتات برای انتخاب مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد ارقام برنج کمک کند.

واژه‌های کلیدی: اصلاح‌نباتات، تغییرات عملکرد، رگرسیون چندگانه، همبستگی صفات.

مقدمه

جمعیت جهان در حال حاضر هفت میلیارد نفر است که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ به میلیارد افزایش پیدا کرده و تا سال ۲۰۵۰ به حدود نه میلیارد نفر برسد (O'Neill *et al.,* 2010; United Nations, 2011). ظرفیت نهایی تولید غذا در جهان از طریق میزان زمین‌های مناسب و منابع آب در دسترس برای تولید محصولات زراعی و همچنین محدودیت‌های بیوفیزیکی رشد گیاهان زراعی محدود می‌شود (van Ittersum *et al.,* 2013). از بین بردن فاصله بین عملکردی که در حال حاضر در مزارع به‌دست می‌آید و عملکردی که می‌تواند با استفاده از بهترین ارقام سازگار با محیط و مناسب‌ترین روش‌های مدیریت آب، خاک و گیاه به‌دست آید، راهکار کلیدی برای غلبه بر چالش تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد جهان است (Hochman *et al.,* 2013). انتظار تأمین تقاضای شدید غذایی ار طریق افزایش سطح زیر کشت قابل توجیه نخواهد بود. از این‌رو، باید با استفاده از دانش موجود به توصیف گیاهانی با کارایی تولید بالا پرداخته شود. سپس، در جهت اصلاح گیاهان باید به سمت تولید گیاهان زراعی با حداقل خلاء عملکرد گام برداشت. بر اساس این دیدگاه متخصصان اصلاح‌نباتات به جای روش‌های قدیمی انتخاب برای عملکرد بالاتر باید به سمت شناسایی صفات مهم تعیین کننده عملکرد با کمترین خلاء عملکردی بروند که به پتانسیل عملکرد خود نزدیک‌تر باشند. متخصصان فیزیولوژی و اصلاح نباتات در پی شناسایی صفاتی هستند که باعث تولید عملکرد بالاتر در ارقام جدید، نسبت به ارقام قدیم شوند. برای تجزیه و تحلیل اجزای عملکرد روش‌های مختلفی وجود دارد که انتخاب روش مناسب بستگی به هدف پژوهش دارد. یکی از این روش‌ها، تجزیه رگرسیون گام به گام است. شناسایی صفات مناسب می‌تواند مبنای انتخاب در برنامه‌های اصلاحی باشد و برای افزایش عملکرد دانه مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از این روش محدودیت‌های اصلی عملکرد و توابع کمی شده برای خلاء عملکرد تعیین می‌شود. در این روش با استفاده از رگرسیون چندگانه و با روش گام‌به‌گام (Soltani *et al.,* 2016)، محدودیت‌های عملکرد برای تعیین تیپ ایده‌ال تعیین می‌شود. با استفاده از معادله تولید و مقادیر مؤلفه‌های مدل سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد تغییر در میزان عملکرد مشخص می‌شود (De Bie, 2000). در مطالعه‌ای با هدف تعیین تیپ ایده‌ال آفتابگردان در منطقه گنبد با استفاده از رگرسیون چندگانه گزارش شد که پنج صفت حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر تعداد برگ، وزن هزار دانه، درصد پوکی و درصد روغن که در افزایش عملکرد بیشترین نقش را داشتند، با استفاده از رگرسیون چندگانه، شناسایی و مقدار مطلوب هر یک از آنها مشخص شد. این پنج متغیر، ۵۷ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. نتایج نشان داد چنانچه ارتباط و همبستگی موجود بین برخی صفات دستخوش تغییرات قرار گیرد، می‌توان از آن به نفع عملکرد بهره جست. با توجه به همبستگی منفی بین دو متغیر درصد روغن و حداکثر ماده خشک، برای تعیین تیپ ایده‌آل فرضیاتی مطرح شد: ۱) اگر همبستگی موجود بین صفات درصد روغن و حداکثر تجمع ماده خشک قابل شکستن نباشد، عملکرد تیپ ایده‌آل نسبت به متوسط عملکرد هیبریدهای آفتابگردان ۸۱۲ (از ۲۰۸۰ به ۲۸۹۲) کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. ۲) در صورتی که مقدار حداکثر ماده خشک افزایش و درصد روغن در حد متوسط بماند، عملکرد تیپ ایده‌آل ۸۷۳ (از ۲۰۸۰ به ۲۹۵۳) کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد و ۳) چنانچه همبستگی بین حداکثر ماده خشک و درصد روغن شکسته شود، مقدار افزایش عملکرد ۹۹۹ (از ۲۰۸۰ به ۳۰۷۹) کیلوگرم در هکتار خواهد بود (Khazaei *et al.,* 2016). همچنین، در گزارش دیگر با استفاده از مدل‌های رگرسیونی برای

www.SID.ir

Archive of SID

شناسایی صفات گیاهی مرتبط با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های باقلا گزارش شد که غلاف و تعداد روز تا گلدهی، می‌توانند باعث افزایش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های باقلا شوند. نتایج نشان داد که اثر مثبت مطلوب‌سازی صفات یاد شده با دامنه افزایش عملکرد دانه مشاهده شده در آزمایش مزرعه‌ای، مطابقت داشته و بین صفات نیز همبستگی منفی وجود نداشت. سهم هر یک از صفات در افزایش عملکرد برای ارتفاع بوته ۵۰۳ کیلوگرم در هکتار، تعداد غلاف در بوته ۳۴۴ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه در غلاف ۳۲۷ کیلوگرم در هکتار و تعداد روز تا گلدهی ۴۱ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج این آزمایش نشان داد که با استفاده از مدل‌سازی رگرسیونی می‌توان سودمندی برنامه‌های به نژادی باقلا را در منطقه اجرای آزمایش بهبود داد (Jafarnodeh *et al.,* 2017). در مطالعه‌ای دیگر با ارزیابی صفات موثر بر عملکرد دانه نخود به روش تجزیه رگرسیون گام به گام گزارش شد که صفات شاخص برداشت، روز تا غلاف‌دهی، تعداد شاخه‌های اولیه و تعداد دانه در بوته به‌عنوان موثرترین صفات بر عملکرد دانه نخود انتخاب شدند که ۵۷ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند (Pirzadeh Moghaddam *et al.,* 2014). همچنین، در دیگر پژوهش‌ها به آنالیز خلاء عملکرد برنج، کلزا و سویا به روش تحلیل مقایسه کارکرد پرداخته شد (Abravan *et al.,* 2016; Gorjizad *et al.,* 2019; Halalkhor *et al.,* 2018; Nehbandani *et al.,* 2017). دیگر محققان گزارش کردند که صفات تعداد خوشه، وزن خوشه و ارتفاع بوته با حدود ۹۲ درصد تنوع عملکرد شلتوک برنج را مورد تأثیر قرار دادند. در میان این صفات، وزن خوشه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد شلتوک (۰/۷۳) داشت، در حالی‌که کمترین اثر مستقیم مربوط به ارتفاع بوته (۰/۱۵) بود (Sharifi *et al.,* 2013). بر اساس تجزیه علیت ارقام برنج مشخص شد که تعداد خوشه‌چه در خوشه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد شلتوک (۰/۳۳۷) داشت. اثرات غیرمستقیم صفات تعداد خوشه‌چه در خوشه و تعداد پنجه در متر مربع بر عملکرد شلتوک بالاتر از اثرات مستقیم آنها بود و نشان می‌دهد این دو صفت رابطه مثبت با یکدیگر دارند (Rezazadeh *et al.,* 2016). همچنین، در مطالعه‌ای از طریق تجزیه علیت ارقام برنج بیان شد که وزن تک بوته به‌علت دارا بودن اثر مستقیم زیاد و بالا بودن آثار غیرمستقیم سایر صفات از طریق این صفت می‌تواند به‌عنوان معیار گزینش برای اصلاح و بهبود عملکرد معرفی شود (Hoseinzadeh Fashalami *et al.,* 2009). دیگر محققان نیز با تجزیه علیت ارقام برنج گزارش کردند که صفات تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، وزن هزار دانه و تعداد پنجه در بوته با اعمال گزینش مثبت و صفت تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه دارای با اعمال گزینش منفی به‌طور غیرمستقیم به گزینش ارقام با عملکرد بالا مؤثر بودند (Kebriyayi *et al.,* 2012). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که اولین قدم برای بهبود عملکرد، مشخص کردن صفات مهم محدود کننده عملکرد است. در واقع، شناخت صفات محدود کننده عملکرد می‌تواند محققان را در تلاش برای رسیدن به پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی یاری دهد. بنابراین، این پژوهش با برآورد میزان افزایش عملکرد، (۲) افزیش عملکرد از طریق تغییر در صفات زراعی و (۳) شناسایی صفات برتر مرتبط با عملکرد و تعیین سهم صفات در افزایش عملکرد ارقام بومی برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای واقع در شهرستان ساری با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۱ متر از سطح دریا طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ رقم بومی برنج اجرا شد. مشخصات ارقام در جدول ۱ ارایه شده است. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، نشاها در مرحله سه الی چهار برگی به زمین اصلی منتقل شدند. عملیات نشاکاری با توجه به نوع رقم با شرایط کاملاً یکسان با دو نشا در کپه انجام شد که از تاریخ سوم الی ششم خرداد در هر دو سال انجام شد. ابعاد کرت‌ها ۳×۴ متر مربع و آرایش کاشت مربعی ۲۵×۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم با توجه به نتیجه آزمون خاک و بر اساس توصیه مؤسسه تحقیقات برنج کشور در هر منطقه مصرف شد. از این‌رو، ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل مصرف شد. ۴۰ درصد از کود نیتروژن به‌صورت پایه، ۳۰ درصد کود نیتروژن به‌صورت سرک در مرحله ظهور خوشه آغازین و ۳۰ درصد کود نیتروژن به‌صورت سرک در مرحله خوشه‌دهی کامل مصرف شد. ۶۰ درصد کود پتاسیم به‌صورت پایه و مقدار باقی‌مانده در دو تقسیط ۲۰ درصدی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تشریح مشخصات ارقام مورد بررسی در آزمایش .

Table 1. Description of rice cultivars characteristics in the experiment.

رقم Cultivar	وضعیت رشدی Growth condition	وضعیت رسیدگی Maturity condition	عملکرد شلتوک Paddy yield (kg ha^{-1})	کیفیت Quality condition	تحمل به تنش Tolerance to stress	مبدأ رویش Origin
طارم هاشمی Tarom Hashemi	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	4100	کیفیت بالا High quality	کمی حساس Low sensitive	گیلان Guilan
طارم محلی Tarom Mahalli	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	3600	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	مازندران Mazandaran
چمپا Champa	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	4000	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	مازندران Mazandaran
صدری Sadri	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	3500	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	مازندران Mazandaran
اهلمی طارم Ahlami Tarom	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	3800	کیفیت بالا High quality	کمی حساس Low sensitive	گیلان Guilan
بینام Binam	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	3500	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	مازندران Mazandaran
حسنی Hasani	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	2500	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	مازندران Mazandaran
غریب ریحانی Gharib Reyhani	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	4300	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	مازندران Mazandaran
موسی طارم Mosa Tarom	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	4400	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	مازندران Mazandaran
علی کاظمی Ali Kazemi	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	3800	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	گیلان Guilan
دم زرد Dom Zard	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	4000	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	گیلان Guilan
حسن سرایی Hasan Saraei	پابلند Tall plant	زودرس Early maturing	2500	کیفیت بالا High quality	حساس Sensitive	مازندران Mazandaran

در مراحل پنجه‌زنی و ظهور خوشه آغازین به‌صورت سرک مصرف شد. کود فسفر در مرحله پایه مصرف شد. هم‌چنین، عمق آب آبیاری در هر کرت بر اساس اصول زراعت برنج، پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به‌منظور جلوگیری از رشد علف‌های هرز و نیز اختلاط آب و کود کرت‌ها، پوشش نایلونی روی مرزها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری ایجاد شد. سایر عملیات زراعی بر اساس استاندارد مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج انجام شد.

صفات مورد بررسی

طی دوره نمو و رشد بعد از حذف اثر حاشیه‌ای از هر واحد آزمایشی ده بوته به طور تصادفی انتخاب شد. صفات مورد مطالعه طبق استاندارد ارزیابی صفات مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI Standard Evaluation System; SES) اندازه‌گیری شد (Yoshida, 1981).

صفات فنولوژیک شامل تعداد روز از بذرپاشی در خزانه تا ابتدای پنجه‌دهی، ۵۰ درصد گلدهی، گرده‌افشانی، خوشه‌دهی کامل و رسیدگی فیزیولوژیک در هر واحد آزمایشی تعیین شد. برای محاسبه سطح برگ (LA) در مرحله گرده‌افشانی، بیشترین طول (L) و عرض (W) کلیه برگ‌های ۱۰ کپه بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و با فرمول LA=0.725*L*W برآورد شد (Esfahani *et al.*, 2005).

برای تعیین کمی ویژگی‌های مورفولوژیک، ۳۰ روز پس از خوشه‌دهی کامل (از روی ۱۲ ساقه انتخاب شده از چهار کپه در هر واحد آزمایشی) نمونه‌گیری انجام شد که شامل طول ساقه، طول خوشه، ارتفاع گیاه و طول برگ پرچم بود. تعداد پنجه بارور و غیربارور در کپه با شمارش و اندازه‌گیری از روی ۱۲ کپه در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. تعداد خوشه در متر مربع با شمارش از روی تعداد خوشه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

موجود در یک متر مربع به‌دست آمد. تعداد کل خوشه‌چه و درصد خوشه‌چه پر در خوشه با شمارش از روی ۱۵ خوشه در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. وزن هزار دانه با شمارش ۱۰ نمونه صدتایی و توزین آن‌ها بر اساس رطوبت ۱۴ درصد به‌دست آمد.

عملکرد شلتوک، عملکرد کاه و عملکرد زیست توده با برداشت کپه از چهار متر مربع از قسمت میانی هر کرت بر اساس رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری شد. از نسبت بین عملکرد شلتوک و عملکرد زیست توده شاخص برداشت محاسبه شده و بر حسب درصد بیان گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تعیین مهم‌ترین صفات و نشان دادن سهم صفات مختلف در تشکیل و تعیین عملکرد شلتوک از روش گزینش متغیر و رگرسیون چندگانه استفاده شد. در این روش نقش صفات مختلف در تعیین عملکرد با استفاده از رگرسیون بالاترین ضریب تبیین Forward selection (به اختصار maxr نامیده می‌شود)، که از انواع روش های گزینش متغیر بوده و مشابه روش پیش‌رونده (Maximum R^2 improvement) عمل می‌کند، بررسی شد. با استفاده از این روش ارتباط بین عملکرد با کلیه صفات به‌صورت کمی تعیین گردید و از بین ۳۸ صفت مورد ارزیابی، بهترین مدل‌های یک تا ۳۸ متغیره مشخص شدند. مقادیر حداقل، حداکثر، متوسط و سطح معنی‌داری ۳۸ صفت برگزیده و مؤثر بر عملکرد نیز ارائه شد. انجام کلیه مراحل فوق با استفاده از رویه proc نرم‌افزار SAS و دستورات مربوط به رویه‌های نرم‌افزار انجام شد. در اصل در این روش کلیه صفات مؤثر بر عملکرد به‌عنوان متغیرهای مستقل، و عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شدند و در نهایت بهترین مدل‌های رگرسیونی یا معادله‌های تولید شامل یک تا p متغیر (در اینجا برابر ۳۸ متغیر) مشخص گردید. در هر مرحله انتخاب بهترین مدل رگرسیونی بر اساس بالاترین R^2 صورت گرفت. در ادامه بهترین مدل‌های رگرسیونی هفت متغیره جهت بررسی بیشتر انتخاب گردید. دلیل انتخاب این بود که با افزایش تعداد متغیر بیشتر از هفت، تغییرات R^2 معنی‌دار نبود. در ادامه به بررسی و تحلیل معادله مذکور پرداخته شد و با گرفتن همبستگی جزء بین اجزای معادله ارتباط و همبستگی منفی و مثبت اجزا با یکدیگر بررسی شده است. با توجه به همبستگی منفی موجود بین دو متغیر تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت، سه فرضیه مطرح و با توجه به هر فرض مقدار افزایش عملکرد مورد بحث قرار گرفت. این فرضیات عبارت بودند از (۱) غیرقابل شکسته بودن همبستگی بین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت، (۲) شکسته شدن همبستگی بین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت و (۳) ثابت ماندن شاخص برداشت در حد متوسط با افزایش تعداد خوشه‌چه پر در خوشه. در پایان مشخصات صفات به‌صورت مقادیر متوسط و بهترین حالت که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار گیرد وارد مدل تولید هفت متغیره شدند. بهترین حالت برای صفات با اثر مثبت، مقدار حداکثر و برای صفات منفی، بهترین مقدار، مقدار حداقل است. با توجه به ضریب رگرسیونی هر صفت در معادله عملکرد در حالت قرارگیری مقدار متوسط و بهترین حالت و گرفتن تفاضل این دو، مقدار افزایش عملکرد ناشی از تأثیر بهینه آن صفت مشخص شده و سپس درصد افزایش عملکرد ناشی از آن صفت نسبت به کل افزایش عملکرد محاسبه گردید.

نتایج و بحث

تنوع در صفات مطالعه شده

مطابق تجزیه واریانس صفات در بین ارقام، اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری برای تمامی ۳۸ صفت مورد مطالعه وجود داشت. تمامی صفات مورد مطالعه از نظر آماری تحت اثر رقم معنی‌دار شدند. وجود مقادیر حداقل و حداکثر برای صفات مختلف در شرایط زراعی اعمال شده یکسان روی ارقام، نشانگر تنوع ژنتیکی آن‌ها بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند)، به این معنی که به‌وسیله اصلاح می‌توان آن صفت را بهبود داد. این موضوع می‌تواند بستری فراهم کند که بهترین رقم، با توجه به شرایط منطقه برای کشت تعیین گردد.

انتخاب مدل عملکرد

جدول ۲ بهترین مدل‌های رگرسیونی یک تا ۱۱ متغیره را نشان می‌دهد که صفات موجود در مدل رگرسیونی به همراه R^2 آن‌ها ذکر شده‌اند. با توجه به اینکه با افزایش تعداد متغیر در مدل تا هفت متغیر، R^2 افزایش یافت و بعد از آن با اضافه شدن متغیر، مقدار R^2 افزایش معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۱)، بنابراین برای مدل نهایی عملکرد، مدل هفت متغیره بر اساس رگرسیون گام‌به‌گام انتخاب شد. معادله نهایی عملکرد عبارت بود از:

www.SID.ir

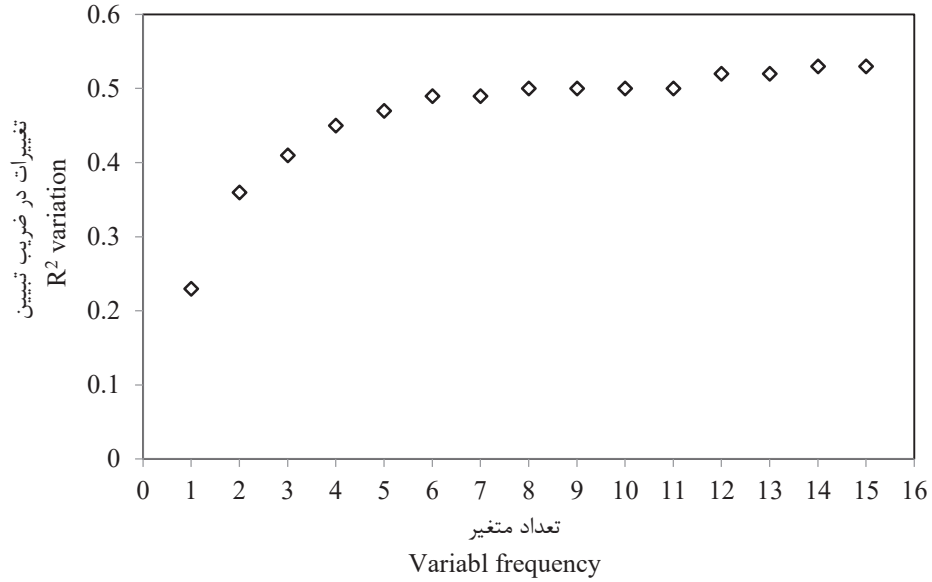
Archive of SID

$$Y = -2198 - 160\ DG - 29\ DP + 50\ DPM - 10\ FLL + 5\ FS + 51\ TGW + 76\ HI$$

که در آن Y: عملکرد شلتوک بر حسب کیلوگرم در هکتار، DG: تعداد روز تا مرحله سبز شدن بذر، DP: تعداد روز تا مرحله گرده‌افشانی، DPM: تعداد روز تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، FLL: طول برگ پرچم، FS: تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، TGW: وزن هزار دانه و HI: شاخص برداشت است. این هفت متغیر، ۵۰ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند (جدول ۲)، که در ادامه به بررسی تک تک این عوامل مؤثر بر عملکرد پرداخته خواهد شد.

صفات مؤثر بر عملکرد و ارتباط بین آن‌ها

در این بخش به بررسی صفات مؤثر بر عملکرد که در مدل هفت متغیره وارد شده‌اند، پرداخته شده و سپس ارتباط بین این صفات با استفاده از تجزیه همبستگی مورد تحلیل قرار گرفت (جدول ۳). حداکثر روز تا سبز شدن بذر برابر شش و حداقل آن برابر ۲/۵ بود و بذور ارقام مختلف به‌طور متوسط طی ۴/۵ روز وارد مرحله سبز شدن شدند. در واقع، هرچهسبز شدن بذر زودتر انجام شود دوره رشدی گیاه سریع‌تر تکمیل شده و از تنش‌های محیطی خارج می‌شود که منجر به بهبود رشد می‌شود. بیشترین روز تا گرده‌افشانی برابر ۱۰۶ روز و کمترین آن برابر ۷۸ روز بود و متوسط روز تا مرحله بهبود رشد می‌شود. بیشترین روز تا گرده‌افشانی



شکل ۱- تغییرات R^2 با توجه به افزایش تعداد متغیرهای مؤثر بر عملکرد.

Fig. 1- R^2 changes due to the increased number of variables that affect yield.

جدول ۲- مقادیر R^2 برای بهترین مدل‌های رگرسیونی یک تا ۱۱ متغیره برای ارقام بومی برنج.

Table 2. The R^2 values for the regression models up to 11 variables for local rice cultivars.

مرحله Stage	R^2	صفت انتخاب شده Selected traits
1	0.23	HI
2	0.36	FS, HI
3	0.41	DPM, FS, HI
4	0.45	DG, DPM, HI
5	0.47	DG, DPM, SL, HI
6	0.49	DG, DPM, SL, FS, HI
7	0.49	DG, DPM, PH, FS, HI
8	0.50	DG, DPM, FLL, PH, FS, HI
9	0.50	DG, DPM, FLL, SL, FS, HI
10	0.50	DG, DPM, FLL, SL, FS, TGW, HI
11	0.50	DG, DP, DPM, FLL, FS, TGW, HI
12	0.52	DG, DP, DPM, LN, FLL, FS, TGW, HI
13	0.52	DG, DP, DPM, LN, FLL, PM, FS, TGW, HI
14	0.53	DG, DP, DPM, LN, FLL, PM, FS, TGW, LSWP, HI
15	0.53	DG, DS, DP, DPM, LN, FLL, PM, FS, TGW, LSWP, HI

www.SID.ir

Archive of SID

برابر ۱۰۶ روز و کمترین آن برابر ۷۸ روز بود و متوسط روز تا مرحله گرده‌افشانی برای ۱۲ رقم بومی برنج برابر ۸۸ روز بود. همچنین، حداکثر و حداقل روز تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به‌ترتیب برابر ۱۲۹ و ۹۸ روز و متوسط آن برابر ۱۰۸ روز بود (جدول ۴). بیشترین طول برگ پرچم برابر ۳۵/۵ سانتی‌متر و کمترین آن برابر ۲۳/۷ سانتی‌متر بود. متوسط طول برگ پرچم ارقام برابر ۲۸/۴ سانتی‌متر حاصل شد. حداکثر تعداد خوشه‌چه پر در خوشه برابر ۱۲۴ عدد و حداقل آن برابر ۶۷/۳ عدد بود. میانگین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه برابر ۹۵/۹ عدد به‌دست آمد. متوسط وزن هزار دانه ارقام مختلف برابر ۲۵/۲ گرم و حداکثر و حداقل وزن هزار دانه به‌ترتیب برابر ۲۸ و ۲۳ گرم بود. متوسط شاخص برداشت ارقام مختلف برابر ۴۰/۷ درصد بود. بیشترین و کمترین شاخص برداشت به‌ترتیب برابر ۵۰/۷ و ۲۷ درصد حاصل شد (جدول ۴).

همبستگی بین صفات در اصلاح‌نباتات، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا میزان و نوع رابطه بین دو یا چند صفت را اندازه‌گیری می‌کند. این همبستگی‌ها بسته به اینکه مثبت یا منفی باشند روی مسیر گزینش تأثیر دارد. همبستگی مثبت بین صفات مفید، به لحاظ اینکه شدت گزینش را محدود نمی‌کند، مناسب است (Alyari *et al.,* 2000). عدم وجود همبستگی بین دو صفت بدین معنی است که می‌توان صفتی را بهبود بخشید بدون اینکه هیچ اثری بر دیگری داشته باشد (Faraji *et al.,* 2012). در حالت همبستگی منفی، گزینش صفات در حول میانگین، امری اجباری است. همچنین، گزینش چندگانه در مورد صفاتی که گزینش روی آن‌ها به صورت همزمان صورت می‌گیرد، غالباً شدت گزینش را پایین می‌آورد (Alyari *et al.,* 2000). همبستگی منفی و معنی‌دار بین حداکثر تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت، بدین معنی است که با افزایش هر کدام از این دو صفت، دیگری کاهش می‌یابد، یعنی چنانچه هدف، افزایش حداکثر تعداد خوشه‌چه پر در خوشه باشد و برای این منظور انتخاب صورت گیرد، شاخص برداشت کاهش خواهد یافت و بالعکس. در واقع، علت فیزیولوژیک همبستگی منفی این دو صفت بالاتر بودن ظرفیت مخزن به منبع بود. این امر می‌تواند در جمع کردن مقدار بالای هر دوی این متغیرها در یک ژنوتیپ مانعی باشد، به ویژه اگر این رابطه منفی، از نوع ژنتیکی و به‌دلیل پیوستگی ژنتیکی باشد. همبستگی صفات می‌تواند ناشی از پیوستگی ژنی یا وجود یک اثر متقابل ژنتیکی با یک جزء محیطی باشد. در تحقیق حاضر، با توجه به وجود همبستگی منفی، بین صفات تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت، برای تعین تیپ ایده‌آل، مطابق با بخش مواد و روش سه فرض در نظر گرفته شده و با توجه به این فرضیات و معادله نهایی تولید، میزان افزایش عملکرد محاسبه شد.

جدول ۳- همبستگی بین صفات انتخاب شده مؤثر بر عملکرد شلتوک برای ارقام بومی برنج.

Table 3. The correlations between selected traits affecting the paddy yield of local rice cultivars.

همبستگی Correlation	DG	DP	DPM	FLL	FS	TGW	HI
روز تا سبزشدن Days to germination (DG)	1						
روز تا گرده‌افشانی Days to pollination (DP)	0.11	1					
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity (DPM)	0.13	0.94**	1				
طول برگ پرچم Flag leaf length (FLL)	-0.67**	0.11	0.11	1			
تعداد خوشه‌چه پر در خوشه Number of filled spikelet per panicle (FS)	-0.65**	0.17	0.15	0.60**	1		
وزن هزار دانه Thousand grain weight (TGW)	0.01	-0.25	-0.29	0.07	0.15	1	
شاخص برداشت Harvest index (HI)	0.45*	-0.26	-0.27	-0.34	-0.41*	0.15	1

*و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** show the probability at 5 and 1 percent level, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

به کارگیری مدل عملکرد و میزان تغییرات عملکرد

مشخصات صفات به‌صورت مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و بهترین مقداری که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار بگیرد در جدول ۴ ارایه شد. بهترین حالت برای صفات روز تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت با اثر مثبت، مقدار حداکثر بوده و برای صفت منفی روز تا مرحله سبز شدن بذر، روز تا مرحله گرده‌افشانی و طول برگ پرچم، مقدار حداقل انتخاب شد (جدول ۴).

با توجه به مقادیر متوسط و حداکثر صفت تعداد خوشه‌چه پر در خوشه برای ارقام، و ضریب رگرسیونی این صفت در معادله عملکرد که برابر پنج است، مقادیر عملکرد در حالت‌های متوسط و بهینه این صفت محاسبه و مقدار افزایش عملکرد ناشی از آن، ۱۵۴ کیلوگرم در هکتار و شش درصد از کل افزایش عملکرد، برای صفت حداکثر تعداد روز تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و با توجه به ضریب رگرسیونی آن در معادله تولید که برابر ۵۰ است، مقدار افزایش عملکرد، ۱۰۶۰ کیلوگرم در هکتار و معادل ۲۹ درصد از کل افزایش عملکرد، و برای وزن هزار دانه با ضریب رگرسیونی ۵۱، با توجه به مقادیر محاسبه شده در حالت‌های متوسط و بهینه عملکرد، مقدار افزایش عملکرد، ۱۳۸ کیلوگرم برآورد گردید که پنج درصد از کل افزایش عملکرد را شامل می‌گردد (جدول ۴).

صفت تعداد روز تا مرحله سبز شدن در تولید، یک صفت منفی بوده و مقادیر اندک آن مطلوب است، بنابراین مقدار بهینه آن، معادل مقدار حداقل صفت (جدول ۴) بود. این صفت در دو حالت بهترین و متوسط، در معادله تولید قرار داده شد. افزایش عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و متوسط این صفت، معادل ۲۰۸ کیلوگرم بود که هشت درصد از کل افزایش عملکرد را موجب گردید. صفت طول برگ پرچم نیز با توجه به ضریب رگرسیونی آن، یک صفت منفی بوده و مقادیر حداقل آن مطلوب بوده است. لذا، تغییر عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و متوسط برابر ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار معادل پنج درصد از کل بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقدار عملکرد در حالت متوسط و بهترین مقادیر صفات به همراه مقدار و درصد تغییر عملکرد ناشی از هر صفت. (با فرض اینکه ارتباط منفی تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت قابل شکستن نباشد).

Table 4. Yield amount in the average and best situations of traits along with percentage and amount of yield variation caused by each trait. (Assuming that the negative relation between number of filled spikelet per panicle and harvest index cannot be broken).

صفات Traits	ضریب در مدل Coefficients	مشخصات صفات مستقل Independent traits				عملکرد پیش‌بینی شده Predicted yield		تغییر عملکرد Yield change (kg ha^{-1})	درصد تغییرات Change (%)
		حداقل Min.	متوسط Mean	حداکثر Max.	بهترین Best	متوسط Mean	بهترین Best		
عرض از مبدأ Intercept	-2198	-	-	-	-	-2198	-2198	-	-
روز تا سبز شدن بذر Days to germination (DG)	-160	3	4.30	6	3	-688	-480	208	12
روز تا گرده‌افشانی Days to pollination (DP)	-29	78	88	106	78	-2555	-2264	290	17
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity (DPM)	50	98	108	129	129	5452	6512	1060	62
طول برگ پرچم Flag leaf length (FLL)	-10	20	33	49.7	20	-343	-208	135	8
تعداد خوشه‌چه پر در خوشه NO. filled spikelet per panicle (FS)	5	67	94.73	123.1	123.1	513	667	154	9
وزن هزار دانه 1000-grain weight (TGW)	51	23	25.29	28	28	1287	1425	138	8
شاخص برداشت Harvest index (HI)	76	27	40.73	50.71	37.29	3111	2849	-263	-15
عملکرد شلتوک Paddy yield (kg ha^{-1})	-	3070	4546	5350	-	4581	6303	1722	100

www.SID.ir

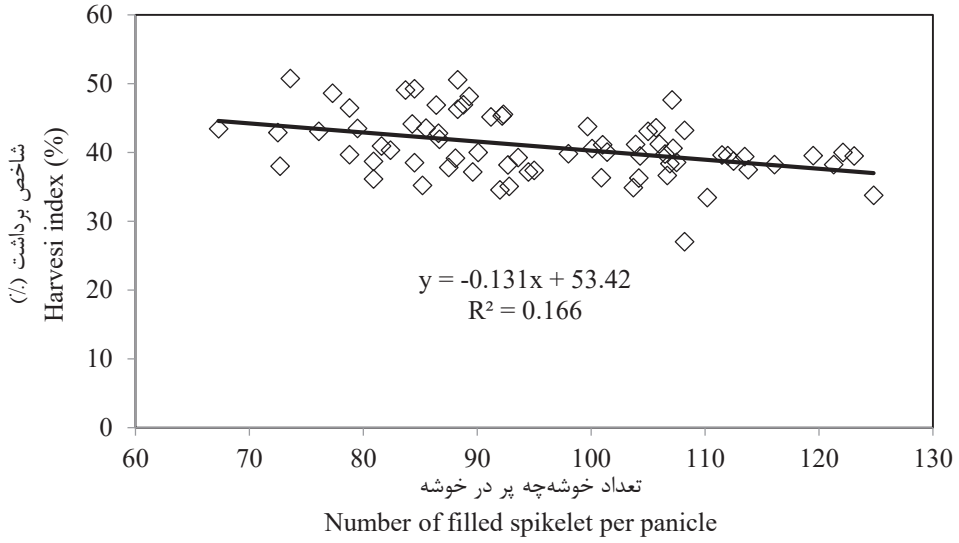
Archive of SID

برای صفت شاخص برداشت نیز با توجه به سه فرضیه مطرح شده در بخش مواد و روش‌ها، مقدار آن در مدل قرار گرفت. با توجه به این مقادیر و معادله رگرسیونی عملکرد، مقدار عملکرد در حالت‌های متوسط صفات و بهترین مقادیر صفات و مقدار افزایش عملکرد و درصد افزایش عملکرد، محاسبه گردید.

۱- با فرض اینکه همبستگی بین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت قابل شکستن نباشد: مقدار متوسط صفت شاخص برداشت ارقام، ۴۰/۷۳ درصد بود که در مدل رگرسیونی عملکرد جهت به‌دست آوردن متوسط عملکرد به همراه شش صفت دیگر قرار گرفت. با توجه به وجود همبستگی منفی بین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت و با فرض اینکه این همبستگی قابل شکستن نباشد، مقدار حداکثر شاخص برداشت به‌عنوان بهترین حالت در معادله وارد نشد (جدول ۴). یک رابطه بین شاخص برداشت و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه با استفاده از معادله y= -0.131x + 53.42، برقرار شد (شکل ۲).

با استفاده از این معادله شاخص برداشت در شرایط حداکثر تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، محاسبه و در معادله عملکرد قرار داده شد (برابر با ۳۷/۲۹ درصد). با قرار گرفتن شاخص برداشت محاسبه شده در مدل رگرسیونی تولید، میزان عملکرد ۲۶۳ کیلوگرم کاهش یافت که معادل ۱۵ درصد از کل افزایش عملکرد بود (جدول ۴). با جمع‌بندی محاسبه فوق، در این فرضیه، تغییر عملکرد نسبت به عملکرد متوسط، به میزان ۱۷۲۲ کیلوگرم قابل افزایش (از عملکرد متوسط ۴۵۸۱ به ۶۳۰۳ کیلوگرم در هکتار) است (جدول ۴).

۲- با فرض اینکه با افزایش تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، شاخص برداشت در حد متوسط بماند: با توجه به فرض در این حالت، شاخص برداشت برابر با مقدار آن در حالت متوسط و معادل ۴۰/۷۳ درصد انتخاب شد. بنابراین، مقدار عددی این صفت در عملکرد مناسب و متوسط برابر خواهد بود و این صفت سهمی در افزایش عملکرد مناسب نسبت به عملکرد متوسط، نخواهد داشت. در این حالت، درصد سهم صفات روز تا سبز شدن بذر، روز تا گرده‌افشانی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول برگ پرچم، تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و وزن هزار دانه در افزایش عملکرد به‌ترتیب برابر با ۱۰، ۱۵، ۵۳، ۷، ۸ و ۷ درصد خواهد بود (جدول ۵). این فرضیه نشان می‌دهد که تغییرات عملکرد نسبت به حالت متوسط، به میزان ۱۹۸۵ کیلوگرم در هکتار (از عملکرد متوسط ۴۵۸۱ به ۶۵۶۶ کیلوگرم در هکتار) قابل افزایش خواهد بود.



شکل ۲- ارتباط بین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت.

Fig. 2. The relationship between the number of filled spikelet per panicle and harvest index.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقدار عملکرد در حالت‌های متوسط و بهترین مقادیر صفات به همراه مقدار و درصد تغییر عملکرد ناشی از هر صفت. (با فرض اینکه با افزایش تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، شاخص برداشت در حد متوسط بماند).

Table 5. Yield amount in the average and best situations of traits along with percentage and amount of yield variation caused by each trait. (Assuming that with the increase in the number of spikelet per panicle, the harvest index remains medium).

صفات Traits	ضریب در مدل Coefficients	مشخصات صفات مستقل Independent traits				عملکرد پیش‌بینی شده Predicted yield		تغییر عملکرد Yield change (kg ha^{-1})	درصد تغییرات Change (%)
		حداقل Min.	متوسط Mean	حداکثر Max.	بهترین Best	متوسط Mean	بهترین Best		
عرض از مبدأ Intercept	-2198	-	-	-	-	-2198	-2198	-	-
روز تا سبز شدن بذر Days to germination (DG)	-160	3	4.30	6	3	-688	-480	208	10
روز تا گرده‌افشانی Days to pollination (DP)	-29	78	88	106	78	-2555	-2264	290	15
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity (DPM)	50	98	108	129	129	5452	6512	1060	53
طول برگ پرچم Flag leaf length (FLL)	-10	20	33	49.7	20	-343	-208	135	7
تعداد خوشه‌چه پر در خوشه NO. filled spikelet per panicle (FS)	5	67	94.73	123.1	123.1	513	667	154	8
وزن هزار دانه 1000-grain weight (TGW)	51	23	25.29	28	28	1287	1425	138	7
شاخص برداشت Harvest index (HI)	76	27	40.73	50.71	40.73	3111	3111	0	0
عملکرد شلتوک Paddy yield (kg ha^{-1})	-	3070	4546	5350	-	4581	6566	1985	100

۳- با فرض اینکه همبستگی بین تجمع تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت شکسته شود: چنانچه بتوان همبستگی منفی موجود بین دو صفت تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت را شکست، می‌توان میزان عملکرد را در حالت مناسب، تا ۲۷۴۷ کیلوگرم افزایش داد. متوسط شاخص برداشت ارقام، معادل ۴۰/۷۳ درصد و حداکثر شاخص برداشت ۵۰/۷۱ درصد است. با قرار گرفتن بالاترین شاخص برداشت مشاهده می‌گردد که عملکرد ۲۷۴۷ کیلوگرم در هکتار (از عملکرد متوسط ۴۵۸۱ به ۷۳۲۹ کیلوگرم در هکتار) یعنی ۷۶۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به فرض دوم، افزایش خواهد یافت (جدول ۶). سهم هریک از صفات روز تا سبز شدن بذر، روز تا گرده‌افشانی،

www.SID.ir

Archive of SID

روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول برگ پرچم، تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در افزایش عملکرد به‌ترتیب برابر ۸، ۱۱، ۳۹، ۵، ۶، ۵ و ۲۸ درصد خواهد بود.

اگرچه روش‌های مختلفی جهت رسیدن به شناسایی صفات تعیین کننده عملکرد برای گیاهان زراعی وجود دارد (Rotter *et al.,* 2015)، اما به نظر می‌رسد روش استفاده شده در این تحقیق بسیار ساده و کاربردی باشد. به‌عنوان مثال در روش معمول برای ارزیابی صفات، مقایسه عملکرد لاین‌های همسان و نزدیک به همسان گیاهان صورت گرفت (Soltani and Galeshi, 2002)، و یا در روشی دیگر انتخاب در جهت بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفاتی صورت می‌گیرد که به صورت تجربی متخصص اصلاح نباتات آن‌ها را درک کرده است (Andrivon *et al.,* 2012)، که در هر صورت نیاز به چندین سال آزمایش و یا کار اصلاحی وجود دارد.

استفاده از مدل‌های گیاهان زراعی نیز زمانی قابل قبول است که مدل آزمون شده‌ای برای منطقه وجود داشته باشد. روش‌های آماری مناسب و به طور خاص روش مورد استفاده در این تحقیق به علت اینکه به اختلافات ژنتیکی بین ارقام توجه دارد و در صورتی که با گستره‌ی مناسبی از ارقام اصلاح شده و وحشی در طی چند سال انجام شود می‌تواند راهگشای متخصصان اصلاح نباتات در جهت حرکت به سمت تیپ ایده‌آل گیاهان زراعی باشد.

جدول ۶- مقدار عملکرد در حالتهای متوسط و بهترین مقادیر صفات به همراه مقدار و درصد تغییر عملکرد ناشی از هر صفت. (با فرض اینکه همبستگی بین تعداد خوشهچه پر در خوشه و شاخص برداشت شکسته شود).

Table 6. Yield amount in the average and best situations of traits along with percentage and amount of yield variation caused by each trait. (Assuming that the correlation between the number of filled spikelet per panicle and harvest index is broken).

صفات Traits	ضریب در مدل Coefficients	مشخصات صفات مستقل Independent traits				عملکرد پیش‌بینی شده Predicted yield		تغییر عملکرد Yield change (kg ha^{-1})	درصد تغییرات Change (%)
		حداقل Min.	متوسط Mean	حداکثر Max.	بهترین Best	متوسط Mean	بهترین Best		
عرض از مبدأ Intercept	-2198	-	-	-	-	-2198	-2198	-	-
روز تا سبز شدن بذر Days to germination (DG)	-160	3	4.30	6	3	-688	-480	208	8
روز تا گرده‌افشانی Days to pollination (DP)	-29	78	88	106	78	-2555	-2264	290	11
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity (DPM)	50	98	108	129	129	5452	6512	1060	39
طول برگ پرچم Flag leaf length (FLL)	-10	20	33	49.7	20	-343	-208	135	5
تعداد خوشه‌چه پر در خوشه NO. filled spikelet per panicle (FS)	5	67	94.73	123.1	123.1	513	667	154	6
وزن هزار دانه 1000-grain weight (TGW)	51	23	25.29	28	28	1287	1425	138	5
شاخص برداشت Harvest index (HI)	76	27	40.73	50.71	50.71	3111	3874	762	28
عملکرد شلتوک Paddy yield (kg ha^{-1})	-	3070	4546	5350	-	4581	7329	2747	100

www.SID.ir

Archive of SID

دیگر محققان محدودیت‌های عملکرد مزرعه برنج را در چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که اکثر محدودیت‌ها مربوط به به رژیم آبیاری ضعیف، مدیریت زراعی نادرست و همچنین کاربرد بیش از حد آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی بود (Peng *et al.,* 2009; Peng *et al.,* 2008). پتانسیل عملکرد گزارش شده برای گیاه برنج با توجه به نوع رقم و شرایط محیطی متفاوت گزارش است. برای مثال، پتانسیل عملکرد برنج در مطالعه Sheehy and Mitchell (2015) برای کشت مستقیم بذر در آمریکا بسیار کمتر از پتانسیل عملکرد برنج (۲۰/۱ تن در هکتار) گزارش شد. ولی، تخمین پتانسیل عملکرد در مطالعه Epse *et al.* (2016a) بالاتر از پتانسیل عملکرد محاسبه شده بر اساس حداکثر میانگین عملکرد برنج در اقلیم مشابه بود. بر خلاف تحقیقات قبلی (Licker *et al.,* 2010; Mueller *et al.,* 2012; Foley *et al.,* 2011) در مطالعه Epse *et al.* (2016b) با آنالیز عملکرد برنج در آمریکا گزارش شد که امکان دستیابی به ۱۰۰ درصد عملکرد قابل حصول (پتانسیل عملکرد) وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش شناسایی و انتخاب مهم‌ترین صفات زراعی مؤثر بر عملکرد ارقام بومی برنج با استفاده از مدل‌سازی رگرسیونی در منطقه ساری بوده است. اگرچه روش‌های مختلفی در این رابطه وجود دارد اما به نظر می‌رسد روش استفاده شده در این پژوهش بسیار ساده و کاربردی باشد. در این مطالعه با استفاده از مدل‌سازی رگرسیونی به انتخاب مهم‌ترین صفات زراعی مؤثر بر عملکرد ارقام بومی برنج پرداخته شد که هفت صفت تعداد روز تا سبز شدن بذر، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول برگ پرچم، تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت به‌عنوان صفاتی که بیش‌ترین سهم را در افزایش عملکرد دارا هستند، شناسایی شدند. این هفت متغیر، ۵۰ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. همچنین، سهم نسبی هر صفت در تعیین و تشکیل عملکرد شلتوک ارقام بومی برنج در منطقه ساری مشخص شد. با توجه به همبستگی منفی موجود بین دو صفت شاخص برداشت و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، سه فرضیه مطرح شد. نتایج نشان داد چنانچه ارتباط و همبستگی موجود بین صفات تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت دستخوش تغییرات قرار گیرد، می‌توان از آن به نفع عملکرد بهره گرفت. اگر همبستگی موجود بین صفات شاخص برداشت و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه قابل شکستن نباشد، تغییرات عملکرد نسبت به متوسط عملکرد ارقام بومی برنج ۱۷۲۲ (از ۴۵۸۱ به ۶۳۰۳) کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. در صورتی که مقدار تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت در حد متوسط بماند، عملکرد ۱۹۸۵ (از ۴۵۸۱ به ۶۵۶۶) کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. اگر همبستگی بین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت شکسته شود، مقدار افزایش عملکرد ۲۷۴۷ (از ۴۵۸۱ به ۷۳۲۹) کیلوگرم در هکتار خواهد بود. نتایج روش مورد استفاده در این تحقیق به‌دلیل اینکه به اختلافات ژنتیکی بین ارقام توجه دارد، می‌تواند راهگشای متخصصان اصلاح‌نباتات باشد.

منابع

Abravan, P., Soltani, A., Majidian, M. and Mohsenabadi, Gh., 2016. Study of field management factors and underlying reasons limiting yield of oilseed rape in east of Golestan province using CPA method. Journal of Agroecology. 7 (2), 46-60.

Alyari, H., Shekari, F. and Shekari, F., 2000. Oilseed crops agronomy and physiology. Amidi Press, Tabriz, Iran.

Andrivon, D., Giorgetti, C., Baranger, A., Calonnec, A., Cartolaro, P., Faivre, R., Guyader, S., Lauri, P. E., Lescourret, F., Parisi, L., Ney, B., Tivoli, B. and Sache, I., 2012. Defining and designing plant architectural ideotypes to control epidemics? European Journal of Plant Pathology. 135, 611-617.

De Bie, C.A.J.M., 2000. Yield gap studies through comparative performance analysis of agro-ecosystems. International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC), Enschede. The Netherlands. 234 p.

Esfahani, M., Sadrzadeh, S.M., Kavoosi, M. and Dabagh-Mohammadi-Nasab, A., 2005. Study the effect of different levels of nitrogen and potassium fertilizers on yield, yield components and growth of rice c. v. Khazar. Iranian Journal of Crop Science. 7(3), 226-241. (In Persian with English abstract).

Espe, M.B., Cassman, K.G., Yang, H., Guilpart, N., Grassini, P., Van Wart, J., Anders, M., Beighley, D., Harrell, D., Linscombe, S., McKenzie, K., Mutters, R., Wilson, L.T. and Linquist, B.A., 2016b. Yield gap analysis of

www.SID.ir

Archive of SID

US rice production systems shows opportunities for improvement Matthew. Field Crops Research. 196, 276-283.

Espe, M.B., Yang, H., Cassman, K.G., Guilpart, N., Sharifi, H. and Linquist, B.A., 2016a. Estimating yield potential in temperate high-yielding, direct-seeded US rice production systems. Field Crops Research. 193, 123-132.

Faraji, A., Raisi, S., Hezarjeribi, E. and Mobasher, S., 2012. Oil crops. Noruzi First edition. 542 p. (In Persian with English abstract).

Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockstrom, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D.P.M., 2011. Solutions for a cultivated plant. Nature. 478(7639), 337-342.

Gorjizad, A., Dastan, S., Soltani, A. and Ajam Norouzi, H., 2019. Evaluation of Potential Yield and Yield Gap Associated with Crop Management in Improved Rice Cultivars in Neka Region. Agroecology Journal. 11(1), DOI: 10.22067/jag.v11i1.67430 . (In Persian with English abstract)

Halalkhor, S., Dastan, S., Soltani, A. and Ajam Norouzi, H., 2018. Documenting the process of rice production and yield gap associated with crop management in local cultivars of rice production (case study: Mazandaran province, Babol region). Agricultural Crop Management. 20(2), 397-414. (In Persian with English abstract)

Hochman, Z., Gobbett, D., Holzworth, D., McClelland, T., Van Rees, H., Marinoni, O., Garcia, J.N. and Horan, H., 2013. Reprint of "quantifying yield gaps in rainfed cropping systems: A case study of wheat in Australia". Field Crops Research. 143, 65-75.

Hosseinzadeh Fashalami, N., Kazemitabar, S.K., Babaeian Jelodar, N.A., Zamani, P. and Allahgholipour, M., 2009. A Study of genetic diversity among different rice (*Oriza sativa* L.) genotypes using multivariate methods. Iranian Journal of Field Crop Science. 40(1), 45-54. (In Persian with English abstract).

Jafarnodeh, S., Sheikh, F. and Soltani, A., 2017. Identification of plant characteristics related to seed yield of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes using regression models. Iranian Journal of Crop Sciences. 19(3), 208-219. (In Persian with English abstract).

Kebriyayi, D., Rabiyi, B. and Samizadeh Lahiji, H., 2012. The multivariate analysis of morphologic traits, grain yield and yield components of native and improved rice varieties. Iranian Journal of Field Crop Science. 43(2), 269-279. (In Persian with English abstract).

Khazaei, B., Soltani, A., Faraji, A. and Hajarpoor, A., 2016. Determine the ideotypes of sunflower (*Heliantus annuus*) in the Gonbad region using modeling and multiple regression method. Journal of Crop Production. 9(3), 1-21.

Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N. and Foley, J.A., 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. Nature. 490, 254-257.

Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E. and Hoseini, F., 2017. Analyzing soybean yield constraints in Gorgan and Aliabad Katul using CPA method. Journal of Agroecology. 7(1), 109-123. (In Persian with English abstract)

O'Neill, B.C., Dalton, M., Fuchs, R., Jiang, L., Pachauri, S. and Zigova, K., 2010. Global demographic trends and future carbon emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America (PNAS). 107(41), 17521-17526.

Peng, S., Khush, G.S., Virk, P., Tang, Q. and Zou, Y., 2008. Progress in ideotype breeding to increase yield potential in rice. Field Crops Research. 108, 32-38.

Peng, S., Tang, Q. and Zou, Y., 2009. Current status and challenges of rice production in China. Plant Production Sciences. 12, 3-8.

Pirzadeh Moghaddam, M., Bagheri, A., Malekzadeh-Shafaroudi, S. and Ganjeali, A., 2014. Multivariate statistical analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under limited irrigation. Iran. Journal of Pulses Research. 5(2), 99-110. (In Persian with English abstract).

Rezazadeh, M., Khodarahmpour, Z. and Gilani, A., 2016. Study of rice (*Oryza sativa* L.) lines tolerant to heat stress of IRRI by using multivariate statistical methods. Electronic Journal of Crop Production. 9(2), 35-55. (In Persian with English abstract).

Rotter, R.P., Tao, F., Hohn, J.G. and Palosuo, T., 2015. Use of crop simulation modelling to aid ideotype design of future cereal cultivars. In press. Journal of Experimental Botany. 66(12), 3463-76.

Sharifi, P., Dehghani, H., Momeni, A. and Moghadam, M., 2013. Genetic relations of some of rice agronomic traits with grain yield using multivariate statistical methods. Iranian Journal of Field Crop Science. 44(1), 169-179. (In Persian with English abstract).

Sheehy, J.E. and Mitchell, P.I., 2015. Calculating maximum theoretical yield in rice. Field Crops Research. 182, 68-75.

Soltani, A. and Galeshi, S., 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment:

www.SID.ir

Archive of SID

experimentation and simulation. Field Crops Research. 77, 17-30.

Soltani, A., Rezaei, A., Khajehpour, M. and Mirlohi, A., 2000. Communication and share of various morphological and physiological traits in determining of grain yield sorghum. Journal of Agricultural Science and Natural Resource. (4), 85-94.

Soltani, F., Hajjarpour, A. and Vadez, V., 2016. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. Field Crops Research. 185, 21–30.

United Nations, 2011. World population to reach 10 billion by 2100 if fertility in all countries coverage's to replacement level. Press release 3 May 2011. Available online at: http://unpopulation.org.

van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P. and Hochman, Z., 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Research. 143, 4-17.

Yoshida, S., 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Banos, Lagunna, Philippines.

www.SID.ir

Archive of SID

Identification of effective agronomic traits on yield of local rice cultivars using multiple regression models

Hassan Haghshenas[1], *Afshin Soltani[2], Abbas Ghanbari[3], Hossein Ajam Norouzi[1] and Salman Dastan[4]

[1]Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.

[2]Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

[3]Department of Agronomy, Jouybar Branch, Islamic Azad University, Jouybar, Iran.

[4]Department of Genetic Engineering and Biosafety, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj.

*Corresponding author: afsoltani@yahoo.com

Received: 2018.01.20

Accepted: 2018.09.24

Haghshenas, H., Soltani, A., Ghanbari, A., Ajam Norouzi, H. and Dastan, S., 2018. Identification of effective agronomic traits on yield of local rice cultivars using multiple regression models. Journal of Agroecology. 8 (2), 13-28.

Introduction: Plant breeders to select their breeding objectives through the physiological and morphological characteristics variation (Khazaei *et al.,* 2016); require classification of the limitations and capabilities which exists in plants (Soltani *et al.,* 2000); this issue for plant characteristics associated for yield increasing is important in crop breeding programs (Rotter *et al.,* 2015). Therefore, the aim of this research was determine to indentify the effective agronomic traits on yield of local rice cultivars using multiple regression models in Sari region.

Materials and methods: For experiment implementation based on randomized complete blocks design with three replications and 12 local rice cultivars, requirement data for using in regression modeling were collected. Using multiple regressions applied in order to determine the important traits and to show the contribution of each trait in formation of yield. The method identified the relation between yield and all variables. Also, according to the positive or negative correlation between the number of filled spikelet per panicle and harvest index, for indentifying yield variation of these traits, three hypotheses put forward and various aspects of them was examined

Results and discussion: Seven important traits including days to seed germination, days to pollination, days to physiological maturity, flag leaf length, number of filled spikelet per panicle, 1000-grain weight and harvest index which affected the most role on yield increasing were recognized their optimal values with multiple regression model. These seven variables explained 50% of yield. The results indicate that if the correlation between the number of filled spikelet per panicle and harvest index would be changed, it can be used for the benefit of yield. Regarding negative correlation between the number of filled spikelet per panicle and harvest index, three hypotheses were evaluated. If the negative correlation between the number of filled spikelet per panicle and harvest index is not breakable, the yield variation would have an increasing of 1722 (from 4581 to 6303) kg ha^{-1}. If with increasing the number of filled spikelet per panicle, harvest index stay at moderate level, it would be an increasing of 1985 (from 4581 to 6566) kg ha^{-1}, and if correlation between the number of filled spikelet per panicle and harvest index is breakable, it would be an increasing of 2747 (from 4581 to 7329) kg ha^{-1}. The results of the method used in this study, due to the fact that the genetic differences between the cultivars are noticeable, can be a way for the breeders to move towards yield increasing in rice cultivars. Obviously, if the main goal is to determine the effective traits on yield of local rice cultivars in the Sari region, it is more appropriate to use more cultivars and years of experimentation.

Conclusion: With selecting optimum amount of traits in model, would increase grain yield from an average of 4581 kg ha^{-1} to 6303-7329 kg ha^{-1}. It was concluded that the method used in this study, because of concerning the genetic differences between varieties, can be used in determining yield increasing in conjunction with other methods and it can guide plant breeders to select important traits effective on yield.

www.SID.ir

Archive of SID

Keywords: correlation; multiple regression; plant breeding; yield variation.

References:

Khazaei, B., Soltani, A., Faraji, A. and Hajarpoor, A., 2016. Determine the ideotypes of sunflower (*Heliantus annuus*) in the Gonbad region using modeling and multiple regression method. Journal of Crop Production. 9(3), 1-21.

Rotter, R.P., Tao, F., Hohn, J.G. and Palosuo, T., 2015. Use of crop simulation modeling to aid ideotype design of future cereal cultivars. In press. Journal of Experimental Botany. 66(12), 3463-76.

Soltani, A., Rezaei, A., Khajehpour, M. and Mirlohi, A., 2000. Communication and share of various morphological and physiological traits in determining of grain yield sorghum. Journal of Agricultural Science and Natural Resource. (4), 85-94.

www.SID.ir