تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳، ص ۲۹۴-۲۸۱

مقاله پژوهشی

استفاده از مدل رگرسیونی گام به گام جهت شناسایی صفات گیاهی مرتبط با عملکرد در برنج (*Oryza sativa*) در شرایط تنش خشکی

حدیثه فرامرزی کوهسار[۱]، علی راحمی کاریزکی[۲*]، حسین صبوری[۲]، عباس بیابانی[۲]، معصومه نعیمی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۲- گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

* مسئول مکاتبه: alirahemi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۶ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.384194.1319**

چکیده

در برنامه‌های به‌نژادی و اصلاح نباتات، برآورد میزان عملکرد بر اساس تغییر در صفات موثر گیاهی از اهمیت بالایی برخوردار است که با استفاده از مدل‌سازی رگرسیونی می‌توان آن‌ها را شناسایی کرد. به همین منظور ۱۲۴ لاین از نسل نهم حاصل از تلاقی دو رقم برنج (اهلمی طارم و درفک) را در یک آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در دانشگاه گنبد کاووس، مورد بررسی قرار گرفتند. آبیاری تا مرحله حداکثر پنجه‌زنی در شرایط بدون تنش (غرقاب) انجام شد. از این مرحله تا انتهای دوره رشد آبیاری به طور کامل قطع گردید. با استفاده از رگرسیون گام به گام، از بین صفات اندازه‌گیری شده، چهار صفت وزن بوته، وزن خوشه، وزن صد دانه و شاخص برداشت که در افزایش عملکرد بیشترین نقش را داشتند، شناسایی شدند و با توجه به همبستگی منفی موجود بین دو متغیر شاخص برداشت و وزن بوته، فرضیاتی مطرح شد که در هر فرض مقدار افزایش عملکرد برآورد گردید. نتایج نشان داد در صورتی که همبستگی بین صفات شاخص برداشت و وزن بوته قابل شکستن نباشد، عملکرد تیپ ایده‌آل ۱۹۷/۶۱ کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. در صورتی که با افزایش وزن بوته و شاخص برداشت در حد متوسط بماند، عملکرد تیپ ایده‌آل ۳۱۴/۶۴ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد و چنانچه همبستگی بین وزن بوته و شاخص برداشت شکسته شود، مقدار افزایش عملکرد ۶۹۷/۵۲ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. روش مورد استفاده در این تحقیق به علت اینکه به اختلافات ژنتیکی بین لاین‌ها توجه دارد، می‌تواند راهگشای متخصصان اصلاح نباتات برای انتخاب صفات مؤثر بر عملکرد برنج باشد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح نباتات، وزن بوته، همبستگی

مقدمه

برنج با نام علمی *Oryza sativa* L. از گیاهان زراعی یک‌ساله و مهم در ایران و جهان میباشد (FAO, 2020) که از لحاظ تولید دانه دومین غله مهم بعد از گندم است (Kumari *et al.*, 2022). مجموع تولید آن در ایران ۳۲۰۶۰۶۱ تن است، متوسط تولید عملکرد ۵۳۶۶ کیلوگرم در هکتار است (Iran's Ministry Agricultura, 2020) برنج و مشتقات آن ۶۰ تا ۷۰ درصد انرژی مورد نیاز مردم را تأمین می‌کند که تقریباً تمامی برنج تولید شده به مصرف غذایی انسان می‌رسد (Kumari *et al.*, 2022).

تغییرات اقلیمی چه از طریق تنش‌های زیستی و چه از طریق تنش‌های غیرزیستی مانند تنش دما، خشکی و شوری بر تولید محصولات زراعی تأثیر منفی می‌گذارد (Pareek *et al.*, 2020). تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد و کیفیت محصول بسته به منطقه و نوع محصول متفاوت خواهد بود (Malhi *et al.*, 2021). در ایران، محصولات کشاورزی عمدتاً با استفاده از سیستم‌های آبیاری مصنوعی کشت می‌شوند. این در حالی است که در سال‌های اخیر میزان دسترسی به منابع آبی رو به کاهش بوده و در آینده نیاز به افزایش میزان آبیاری و یا حتی آبیاری در مناطق دیم خواهد بود. خشکسالی به یکی از تهدیدهای زیست‌محیطی در کشاورزی و امنیت غذایی تبدیل شده است (Parhizkari *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2022) و یک مسئله مهم و جهانی در مناطق دیم می‌باشد (kumar *et al.*, 2022). تنش خشکی یک تهدید بزرگ و اصلی در کاهش تولید برنج است (Kumar *et al.*, 2022; Sakoda *et al.*, 2022).

بررسی روابط بین صفات نقش مؤثری در یافتن عوامل تأثیرگذار اصلی در عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته دارد (Sabory *et al.*, 2012). عملکرد دانه برنج حاصل ارتباط

بسیاری از فرآیندهای حیاتی در مراحل نمو گیاهی است و هیچ فرآیندی به تنهایی کلید دسترسی به حداکثر عملکرد نیست (Mirzaee *et al*., 2013). برای دستیابی به یک رقم با عملکرد بالا باید تمامی اجزاء دخیل در عملکرد به‌طور مناسبی در نظر گرفته شود (Ashworth *et al*., 2015)، لذا باید به بررسی صفاتی در برنج که نقش بارزی در افزایش عملکرد دارند، پرداخت. در زمینه روابط و همبستگی بین صفات، در گیاهان مختلف، تحقیقات زیادی انجام شده است (Saberi-Riseh *et al*., 2022; Gerrano and Thungo, 2020; Krisnawati *et al*., 2022).

برای تجزیه و تحلیل اجزای عملکرد و تعیین مهم‌ترین جزء مؤثر بر عملکرد نیز روش‌های مختلفی وجود دارد از قبیل مدل‌های گیاهان زراعی، تجزیه به مولفه‌های اصلی، رگرسیون گام به گام و...، که تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام یکی از این روش‌ها است که با کمک آن می‌توان صفات مناسب جهت اجرای برنامه‌های اصلاحی و افزایش عملکرد دانه در برنج را شناسایی کرد (Vidal *et al*., 2022). با توجه به وجود رابطه معنی‌دار بین عملکرد دانه با سایر صفات مهم زراعی، می‌توان از این رابطه جهت بهبود عملکرد دانه استفاده کرد. در اصلاح نباتات همبستگی بین صفات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا میزان و نوع رابطه بین دو یا چند صفت را تعیین می‌کند. همبستگی بین صفات مختلف می‌تواند به، به‌نژادگران در گزینش غیرمستقیم با استفاده از صفاتی که اندازه‌گیری آنها ساده‌تر است در جهت رسیدن به خودکفایی کمک نماید.

مطالعه‌ای بر روی ۱۶ صفت مختلف برنج انجام شد، با استفاده از روش رگرسیون گام به گام در برنج، صفات وزن خشک خوشه، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در خوشه، فاصله گره اول تا گره دوم ساقه و فاصله طوقه تا اولین گره، را به‌عنوان صفات موثر بر عملکرد دانه معرفی کردند (Taghipour and Mehrabi, 2021). بر اساس نتایج مطالعه‌ای روی ۲۶ ژنوتیپ مختلف برنج عنوان شد که صفات طول خوشه، تعداد سنبلچه در خوشه، تعداد دانه پر و پنجه بارور در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد دارند (Bagheri *et al*., 2011). محققان مشاهده نمودند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات تعداد پنجه، وزن هزار دانه، تعداد دانهٔ پر و تعداد دانه در خوشه وجود دارد. نتایج تجزیه رگرسیون مدل گام به گام آن‌ها نشان داد که صفات وزن هزاردانه، تعداد دانهٔپر و تعداد پنجه بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشتند (Saberi *et al*., 2022). طبق مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که بین عملکرد دانه با صفات وزن صددانه، تعداد پنجهٔبارور، وزن خوشه و تعداد دانهٔپر در خوشه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. صفت وزن صد دانه به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با عملکرد و زیاد بودن اثر مستقیم مثبت بر روی عملکرد دانه به عنوان معیار گزینش جهت بهبود عملکرد دانه مطرح بود (Montazery *et al*., 2018). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که عملکرد دانه برنج با وزن هزار دانه و تعداد دانه پر در خوشه همبستگی معنی‌دار و مثبت دارد (Jahani *et al*., 2017). در بررسی ۱۳ رقم برنج آزاد شده در شمال ایران مشاهده شد که روز تا طویل شدن ساقه، طول برگ پرچم، تعداد پنجه در بوته، وزن بیولوژیک در مرحله گرده‌افشانی، حداکثر ماده‌ی خشک و شاخص برداشت از مهم‌ترین صفات تعیین کننده‌ی عملکرد دانه هستند (Haghshenas *et al*., 2022).

رسیدن به تیپ ایده‌آل گیاهان زراعی مستلزم استفاده از روش‌های آماری مناسب است. روش‌های مختلفی برای تعیین صفات مطلوب و تیپ ایده‌آل در گیاهان زراعی ارائه شده است (Kazerani *et al*., 2018) در اصلاح نباتات به ژنوتیپ‌هایی ایده‌آل گفته می‌شود که در طیف وسیعی از شرایط محیطی، از ثبات عملکرد بالایی برخوردار باشند. این تحقیق با هدف شناسایی صفات گیاهی مرتبط با عملکرد در برنج (*Oryza sativa*) در شرایط تنش خشکی در منطقه گنبد کاووس اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش روابط میان عملکرد دانه با صفات کمی و مورفولوژیکی نسل نهم (F9) حاصل تلاقی ارقام برنج اهلمی طارم و درفک در طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۹۶ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۵۲ متر از سطح دریای آزاد در طی دو سال ۱۳۹۵ و

۱۳۹۶ ارزیابی شد.

برای تهیه خزانه، ابتدا لاین‌ها که شامل ۱۲۴ عدد بودند، در گلدان‌های پنج لیتری در گلخانه کشت شدند و روزانه دو مرتبه آبیاری صورت می‌گرفت. در خزانه دو مرحله کود کامل NPK(۲۰ درصد نیتروژن، ۲۰ درصد فسفر و ۲۰ درصد پتاسیم و ۴۰ درصد دیگر شامل مواد حامل و ریز مغذی‌های دیگر) مخصوص برنج به گیاهچه‌ها داده شد. پس از تصادفی کردن محل نشاء لاین‌ها در واحدهای آزمایشی با تعداد چهار نشاء و هر نشاء شامل سه گیاهچه روی پنج ردیف به طول دو متر و با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر بر اساس تراکم ۱۶ بوته در مترمربع با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مذکور کشت شدند.

مصرف کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) شامل: ۵۰ کیلوگرم فسفراز منبع سوپرفسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم ازته از منبع اوره بود. تمامی کود فسفاته و یک سوم کود اوره به صورت پایه و مابقی کود اوره به صورت تقسیط در دو مرحله توسط کارگر و به صورت دست‌پاش به خاک اضافه گردیدند. در طول دوره رشد مراقبت‌های زراعی لازم از قبیل وجین و کنترل علف‌های هرز (با علف‌کش بنتازون مقدار ۳ لیتر در هکتار) اعمال شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical properties of soil in 0-30 cm depth in experimental site

سال Year	کربن آلی O.C (%)	کربنات T.N.V (%)	اسیدیته PH	شوری EC ($Ds\ m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس $P_{ava.(ppm)}$	پتاسیم قابل دسترس $K_{ava.(ppm)}$	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	بافت خاک Soil texture
۱۳۹۴-۱۳۹۵ 2016-2017	1.29	9.5	7.5	0.94	0.13	9.2	807	18	70	12	Silty clay loam
۱۳۹۶-۱۳۹۵ 2017-2018	0.68	9.8	7.9	1.19	0.12	13.4	356	15	64	21	Silty clay loam

باتوجه به اینکه برنج در مرحله زایشی به تنش خشکی حساس است، اعمال تنش پس از مرحله رویشی و حداکثر پنجه‌زنی صورت گرفت. به عبارتی ظرفیت زراعی مدنظر نبود چرا که برنج در شرایط غرقاب رشد می‌کند، بنابراین قطع آبیاری باعث ایجاد تنش خشکی میشود، آبیاری تا ۴۰ روز در شرایط بدون تنش به صورت غرقاب در طول دوره رشد لاین‌ها انجام شد، اما ۴۰ روز پس از نشاء کردن و در مرحله حداکثر پنجه‌زنی تا انتهای دوره رشد آبیاری به طور کامل قطع گردید.

با توجه به منحنی رطوبت خاک (Shi and Jim, 2022) متناسب با مزرعه تحقیقاتی در طول دوره آزمایش با فاصله ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ روز پس از نشاکاری اقدام به نمونه‌گیری شده و رطوبت خاک ۳۲، ۲۴، ۱۸، ۸ و ۴ درصد رطوبت وزنی متناسب با ۰/۰۵-، ۰/۱۲-، ۰/۲۷-، ۰/۷۲- و ۱/۱- مگا پاسکال تخمین زده شد.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، اندازه‌گیری صفات مورد بررسی شامل وزن بوته، ارتفاع بوته، تعداد خوشه در بوته، طول، عرض و مساحت برگ پرچم خوشه اصلی، طول خروج غلاف خوشه اصلی، قطر و طول ساقه خوشه اصلی، وزن کل خوشه‌ها، وزن خوشه اصلی، وزن کل ساقه‌ها، تعداد دانه‌ی پر و پوک در خوشه اصلی، وزن دانه‌ی پر و پوک در خوشه اصلی، تعداد خوشه‌چه اولیه و ثانویه در خوشه اصلی، وزن صددانه، وزن دانه پر در خوشه، شاخص برداشت، ۵۰ درصد گلدهی، روی ۵ بوته اندازه‌گیری انجام شد.

در ابتدا تجزیه واریانس انجام گرفت، سپس با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام صفات غیر مؤثر یا کم اثر روی عملکرد را در مدل رگرسیونی حذف نموده و تنها صفاتی را که میزان قابل ملاحظه‌ای از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کردند، شناسایی شدند. سپس همبستگی بین اجزای معادله ارتباط و همبستگی منفی و مثبت صفات منتخب با یکدیگر بررسی شد. با توجه به همبستگی منفی بین شاخص برداشت و وزن بوته، برای تعیین تیپ ایده‌آل فرضیاتی مطرح و با توجه به هر فرض مقدار افزایش عملکرد محاسبه شد. این فرضیات شامل (۱) با توجه به همبستگی منفی معنی‌دار بین وزن بوته و شاخص برداشت، همبستگی بین این دو صفت قابل شکستن

نباشـد. (۲) با فرض اینکه با افزایش حداکثر وزن بوته، شـاخص برداشت در حد متوسط باقی بماند. (۳) با فرض اینکه همبستگی بین وزن بوته و شـاخص برداشـت قابل شـکسـتن باشـد بـــین صـــفات منتخـــب و میـــزان افزایش عملکرد مورد ارزیابی قـــرار گرفـت (Haghshenas *et al*., 2020).

جدول ۲- مجموعه صفات مورد ارزیابی و موثر بر عملکرد در شرایط تنش خشکی

Table 2- List of investigated traits affecting the yield in conditions of drought stress

صفت Trait	واحد Unit	میانگین Mean	بیشترین Max	کمترین Min
وزن بوته Dry Weight in Plant (DWP)	g/m2	1284.87	2124.15	663.25
ارتفاع بوته Plant height (PH)	cm	89.18	127.80	58.80
تعداد پنجه در کپه The number of tillers per hill (TTH)	-	14.73	8.38	6
طول برگ پرچم Flag leaf length (FLL)	cm	10.67	30.83	4.99
طول خروج غلاف The length of the exit of the panicle (LEP)	cm	2.34	17.88	0.28
قطر محور پانیکول Panicle axis diameter (PAD)	mm	2.21	3.82	1.32
طول پانیکول Panicle length (PL)	cm	20.02	27.33	14.03
وزن پانیکول در کپه Panicle weight per hill (PWH)	gr	19.73	33.98	7.31
وزن پانیکول اصلی The weight of the main panicle (WMP)	gr	1.64	3.14	0.66
وزن کل ساقه در کپه The total weight of stem per hill (TWSH)	gr	31.66	59.39	14.77
تعداد دانه پر در پانیکول اصلی The number of filled grains in the main panicle (NFGMP)	-	89.33	230.00	16
تعداد دانه پوک در پانیکول اصلی The number of unfilled grains in the main panicle	-	54.57	122.83	15.33
وزن دانه پر در پانیکول اصلی The filled grain weight in the main panicle (FGWMP)	gr	0.40	1.39	0.14
تعداد شاخه اولیه در پانیکول The number of primary branch per panicle (NPBP)	-	7.26	13.00	3.83
تعداد شاخه ثانویه در پانیکول The number of secondary branch per panicle (NSBP)	-	13.23	32.67	1.50
وزن صد دانه The weight of 100 grains (WHG)	gr	2.53	5.75	0.86
وزن دانه پر در کپه The filled grain weight per hill (FGWH)	gr	1.80	3.96	0.55
شاخص برداشت Harvest index (HI)	g/m2	33.38	82.67	10.83
روز تا گلدهی Day to flowering (DF)	cm	66.15	90.83	52.50

مشخصات صفات به صورت مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و بهترین مقداری که می‌تواند در مدل رگرســـیونی عملکرد قرار

بگیرد وارد مدل چهار متغیره شد. بهترین حالت برای صفات با اثر مثبت شامل وزن بوته، وزن پانیکول، وزن صد دانه و شاخص برداشت، مقدار حداکثر آن‌ها بوده و برای صفات منفی شامل وزن کل بوته و شاخص برداشت بهترین حالت، مقدار حداقل آن‌ها است.

با توجه به مقادیر حداکثر و متوسط صفات وزن بوته، وزن پانیکول، وزن صد دانه و شاخص برداشت در ارقام و ضریب رگرسیونی این صفات در رابطه رگرسیونی، مقادیر عملکرد در حالت بهینه و متوسط محاسبه و مقدار افزایش عملکرد ناشی از این صفات برآورد گردید. برای وزن بوته با توجه به سه فرضیه مذکور مقدار افزایش عملکرد محاسبه شد. در پایان مقادیر صفات میزان افزایش عملکرد (درصد) ناشی از آن صفت نسبت به کل افزایش عملکرد، محاسبه و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (Souza *et al.*, 2018) انجام شد.

نتایج

صفات مورد مطالعه

مطابق با جدول ۲ در بین ژنوتیپ‌ها، اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری

در سطح ۵ درصد برای صفات مورد مطالعه وجود داشت. وجود مقادیر حداقل و حداکثر متنوع برای صفات مختلف در شرایط محیطی و زراعی اعمال شده یکسان بر روی ارقام، نشان‌گر تنوع ژنتیکی است، که می‌توان به وسیله اصلاح و بهبود بخشیدن صفات مؤثر بر عملکرد باعث افزایش آن شد. این موضوع می‌تواند شرایطی را فراهم نماید تا بهترین رقم، با توجه به شرایط منطقه برای کشت تعیین گردد.

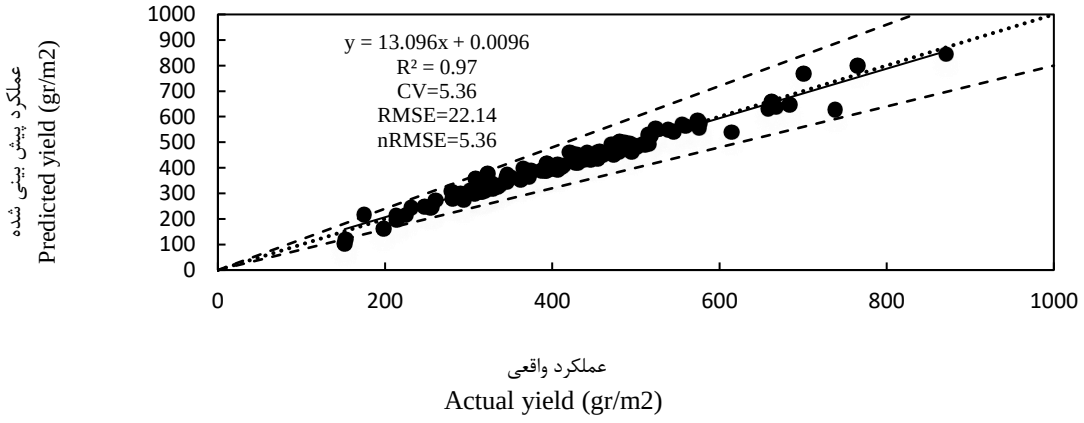
انتخاب مدل عملکرد

مدلی چهار متغیره به عنوان مدل نهایی عملکرد انتخاب گردید که عبارت است از:

$$Y=10.4726+0.1957DWP+ 0.2157 PWH +0.9115WHG+0.3106HI$$

که در اینجا Y، عملکرد بر حسب کیلوگرم دانه در هکتار؛ DWP، وزن بوته؛ PWH، وزن پانیکول در کپه؛ WHG، وزن صددانه و HI، شاخص برداشت هستند که این چهار متغییر بیش از ۹۵ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند.

شکل ۱ ارتباط بین عملکرد پیش‌بینی شده و عملکرد واقعی را نشان می‌دهد. میزان nRMSE، RMSE و R^2 نشان‌دهنده بالا بودن دقت این مدل است (nRMSE= 5.36, RMSE= 22.14, R^2= 0.97) و می‌توان از آن در تخمین میزان عملکرد و تعیین سهم هر متغیر استفاده کرد. طبق نتایج حاصل شده می‌توان استنباط نمود که با دقت در آزمایش‌ها و مدیریت مناسب، تغییر قابل توجهی در عملکرد قابل مشاهده است به گونه‌ای که عملکرد واقعی به میزان پیش‌بینی شده آن نزدیک‌تر شود.



شکل ۱- رابطه بین عملکرد پیش بینی شده و واقعی. خط توپر، معرف خط ۱:۱ و خطوط نقطه چین بالا و پایین به ترتیب بیانگر خط ۱:۱/۱۵ و ۱:۰/۸۵ می‌باشد.

Figure1- Relationship between predicted and actual yield. Continuous line is line 1:1 and upper and lower dashed lines are 1:1.15 and 1:0.85, respectively.

صفات موثر بر عملکرد و ارتباط بین آن‌ها

در این قسمت ابتدا به بررسی صفات مؤثر بر عملکرد که در مدل ۴ متغیره وارد شدند، پرداخته شد و سپس ارتباط بین این صفات با استفاده از تجزیه همبستگی مورد تحلیل قرار گرفت. مقدار میانگین، حداکثر و حداقل متغیرهای وارد شده در مدل عملکرد در جدول ۳ ارائه شده است.

ضرایب همبستگی بین صفات مدل رگرسیونی عملکرد دانه در جدول ۳ آورده شده است. طبق نتایج حاصل شده بین عملکرد دانه و چهار صفت مؤثری که طی رگرسیون گام به گام انتخاب شدند رابطه معنی‌داری وجود داشت. از میان چهار صفت، بین صفت DWP با HI در سطح ۵ درصد رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت.

بر اساس ضرایب همبستگی بین صفات مدل رگرسیونی عملکرد دانه (جدول ۳) بیشترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خوشه و وزن صد دانه در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد. با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد می‌توان با اعمال گزینش مثبت بر وزن خوشه و وزن صددانه باعث افزایش عملکرد کل گردید. بررسی صفات مورد ارزیابی نشان داد که اجزای عملکرد مستقل از یکدیگر نیستند و افزایش یا کاهش یک جزء باعث تغییر در اجزای دیگر خواهد شد. هر چند که همبستگی رابطه خطی بین صفات را نشان می‌دهد اما تا حدودی می‌توان به روابط بین اجزای عملکرد نیز پی برد.

جدول ۳- همبستگی بین صفات انتخاب شده موثر بر عملکرد در شرایط تنش خشکی

Table 3- The correlations between selected affecting the yield in conditions of drought stress

صفت Traite	وزن بوته DWP	وزن پانیکول در کپه PWH	وزن صد دانه WHG	شاخص برداشت HI
DWP	1			
PWH	0.56*	1		
WHG	0.01	0.49*	1	
HI	-0. 44**	0.26**	0.79**	1

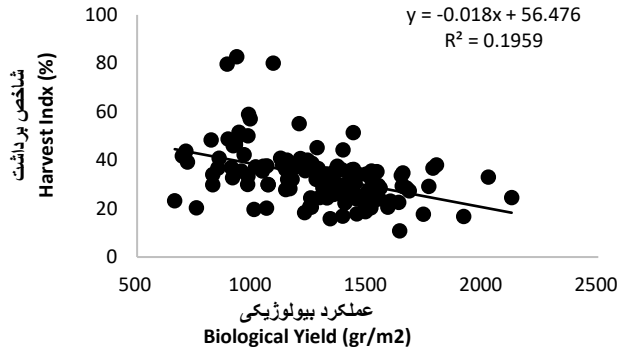
*و ** به ترتیب معنیداری در سطح ۵ و ۱ درصد.

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

به کارگیری مدل و تعیین صفات موثر بر عملکرد

مشخصات صفات به صورت مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و بهترین مقداری که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار بگیرد در جداول ۴، ۵ و۶ ارائه شده است. بهترین حالت برای صفات با اثر مثبت شامل وزن بوته (DWP)، وزن پانیکول (PWH)، وزن صد دانه (WHG) و شاخص برداشت (HI)، مقدار حداکثر آن‌ها بوده و برای صفات منفی شامل DWP و HI بهترین حالت، مقدار حداقل آن‌ها است. با توجه به مقادیر حداکثر و متوسط صفات DWP، PWH، WHG و HI در ارقام و ضریب رگرسیونی این صفات در رابطه یک، مقادیر عملکرد در حالت بهینه و متوسط محاسبه و مقدار افزایش عملکرد ناشی از این صفات برآورد گردید. برای DWP با توجه به سه فرضیه مقدار افزایش عملکرد محاسبه شد.

فرضیه اول: با توجه به همبستگی منفی معنی‌دار بین DWP و HI ، همبستگی بین این دو صفت قابل شکستن نباشد: مقدار متوسط DWP ژنوتیپ‌ها ۱۲۸۵ گرم در متر مربع بود که در مدل رگرسیونی تولید به همراه ۳ صفت دیگر قرار گرفت. با توجه به وجود همبستگی منفی بین HI و DWP و همچنین فرض اینکه این همبستگی قابل شکستن نباشد، مقدار حداکثر DWP به عنوان بهترین حالت در معادله وارد نشد (جدول ۳). بنابراین یک رابطه رگرسیونی خطی بین DWP و HI با استفاده از معادله y=-0.018x+56.1959 برقرار شد (شکل ۲). با استفاده از این معادله x1 در شرایط حداکثر HI محاسبه و در مدل عملکرد قرار داده شد (برابر با۱۸/۲۴۴ درصد). با قرار گرفتن HI محاسبه شده در مدل رگرسیونی تولید، عملکرد به میزان ۱۱۷/۵۷۶ کیلوگرم کاهش یافت که معادل ۵۹/۶۶ درصد از کل عملکرد بود (جدول ۴)



شکل ۲- ارتباط بین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

Figure 2- Relationship between harvest index (%) and biological yield (gr/m2)

جدول۴- مقدار عملکرد در حالت های متوسط و بهترین مقادیر صفات به همراه مقدار و درصد تغییر عملکرد ناشی از هر صفت با فرض اینکه ارتباط منفی حداکثر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت قابل شکستن نباشد.

Table 4- Yield in state of the mean and the best amount of each trait in addition to the amount and percentage of change (Assuming that the negative correlation between the biological yield and harvest index is not breakable).

	صفات Traits					عملکرد Yield			
	ضریب در مدل Estimate	میانگین Mean	کمترین Min	بیشترین Max	بهترین Best	میانگین Mean	بهترین Best	تغییرات Gap	درصد تغییرات Gap%
Intercept وزن بوته	-261.83	1	1	1	1	-261.83	-261.83	0	-
DWP وزن کل خوشه	1958 3905.5	1285	663.25	2124	2124	251.60	415.88	164.28	83.36
PWH وزن صد دانه		19.73	7.31	33.98	33.98	106.35	183.17	76.81	38.98
WHG شاخص برداشت	22.77	2.52	0.86	5.75	5.75	57.38	130.93	73.55	37.32
HI	7.768	33.38	10.83	82.67	18.244	259.30	141.72	-117.56	-59.67
عملکرد Y	-	-	-	-	-	412.80	609.87	197.06	100

با جمع‌بندی محاسبات فوق، در این فرض، عملکرد تیپ ایده‌آل، نسبت به عملکرد متوسط، به میزان ۱۹۷/۰۶۱ کیلوگرم افزایش (از عملکرد متوسط ۴۱۲/۸ به ۶۰۹/۸۶ کیلوگرم در هکتار) است.

-فرضیه دوم: با فرض اینکه با افزایش حداکثر DWP، HI در حد متوسط باقی بماند: با توجه به فرض در این حالت شاخص برداشت در تیپ ایده‌آل برابر با مقدار آن در حالت متوسط و معادل ۳۳/۹۸ درصد خواهد بود. 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. عدم وجود همبستگی بین دو صفت بدین معنی است که میتوان صفتی را بهبود بخشید، بدون اینکه هیچ اثری بر صفت دیگر داشته باشد (Faraji *et al*., 2012). در این حالت درصد سهم صفات وزن بوته، وزن خوشه و وزن ۱۰۰ دانه در افزایش عملکرد به ترتیب برابر ۵۲/۲۱، ۲۴/۴۱ و ۲۳/۳۷ درصد خواهد بود (جدول ۵). این فرض نشان می‌دهد که عملکرد در تیپ ایده آل نسبت به حالت متوسط به میزان ۳۱۴/۶۳کیلوگرم در هکتار قابل افزایش خواهد بود (از عملکرد متوسط ۴۱۲/۸۰به ۷۲۷/۴۴کیلوگرم در هکتار).

جدول۵- مقدار عملکرد در حالت های متوسط و بهترین مقادیر صفات به همراه مقدار و درصد تغیر عملکرد ناشی از هر صفت با فرض اینکه با افزایش عملکرد بیولوژیک وشاخص برداشت در حد متوسط بماند.

Table 5- Yield in state of the mean and the best amount of each trait in addition to the amount and percentage of change (Assuming that with increasing biological yield, stay harvest index at moderate level).

	صفات Traits					عملکرد Yield			
	ضریب در مدل	میانگین	کمترین	بیشترین	بهترین	میانگین	بهترین	تغییرات	درصد تغییرات
	Estimate	Mean	Min	Max	Best	Mean	Best	Gap	Gap%
Intercept وزن بوته	-261.83	1	1	1	1	-261.83	-261.83	0	
DWP وزن کل خوشه	0.1958	1285	663.25	2124	2124	251.60	415.88	164.28	52.21
PWH وزن صد دانه	5.3905	19.73	7.31	33.98	33.98	106.35	183.17	76.82	24.41
WHG شاخص برداشت	22.77	2.52	0.86	5.75	5.75	57.38	130.93	73.55	23.38
HI عملکرد	77.7	33.38	10.83	82.67	18.24	259.30	259.30	0	0
Y	-	-	-	-	-	412.80	727.44	314.64	100

فرضیه سوم: با فرض اینکه همبستگی بین DWP و HI قابل شکستن باشد: چنانچه بتوان همبستگی منفی موجود بین دو صفت وزن بوته و شاخص برداشت را شکست، می‌توان میزان عملکرد را در حالت مناسب تا ۶۹۷/۵۲ کیلوگرم افزایش داد. متوسط شاخص برداشت معادل ۳۳/۳۸ و حداکثر شاخص برداشت ۸۲/۶۷ است. با قرار گرفتن بالاترین شاخص برداشت در تیپ ایده آل عملکرد نسبت به حالت متوسط میزان ۶۹۷/۵۲ کیلوگرم در هکتار (از عملکرد متوسط ۴۱۲/۸ به ۱۱۱۰/۳ کیلوگرم در هکتار) یعنی ۳۸۲/۹ کیلوگرم در هکتار نسبت به فرض پیشین، افزایش خواهد یافت (جدول۶). سهم هر یک از صفات وزن بوته، وزن خوشه و وزن ۱۰۰ دانه در افزایش عملکرد به ترتیب ۱۱/۲۳،۱۲۴/۵۵و ۱۰/۵۴۴ درصد خواهد بود.

جدول۶- 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 حداکثر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشته شکسته شود.

Table 6- Yield in state of the mean and the best amount of each trait in addition to the amount and percentage of change (Assuming that the negative correlation between the biological yield and harvest index is breakable).

	صفات s Trait					عملکرد Yield			
	ضریب در مدل	میانگین	کمترین	بیشترین	بهترین	میانگین	بهترین	تغییرات	درصد تغییرات
	Estimate	Mean	Min	Max	Best	Mean	Best	Gap	Gap%
Intercept	83.-261	1	1	1	1	-261.83	-261.83	0	-
وزن بوته DWP	1958.0	1285	25.663	2124	2124	251.603	415.87	164.2762	23.55138
وزن کل خوشه PWH	3905.5	73.19	31.7	33.98	33.98	106.354	183.16	76.8146	11.0124
وزن صد دانه WHG	77.22	52.2	0.86	5.75	5.75	57.3804	130.92	73.5471	10.5440
شاخص برداشت HI	768.7	38.33	10.83	82.67	82.67	259.295	642.18	382.8847	54.8920
عملکرد Y	-	-	-	-	-	412.803	1110.3	697.5226	100

بحث

همبستگی بین صفات در اصلاح نباتات 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 بر مسیر گزینش تاثیر می‌گذارند. همبستگی‌های مثبت بین صفات مفید، به لحاظ اینکه شدت گزینش را محدود نمی‌کند، مناسب است اما در حالت همبستگی منفی گزینش صفات حول میانگین امری اجباری است. عدم وجود همبستگی بین دو صفت بدین معنی است که می‌توان صفتی را بهبود بخشید، بدون اینکه هیچ اثری بر دیگری داشته باشد (Haghshenas *et al*., 2022).

افزایش عملکرد، از طریق افزایش ماده خشک تولید شده در مزرعه یا افزایش سهم عملکرد اقتصادی (شاخص برداشت) و یا هر دو بالا می‌رود. در غلات دانه ریز، عمدتاً افزایش از طریق افزایش شاخص برداشت است به عبارتی گیاه قسمت زیادی از ماده خشک خود را به عملکرد اقتصادی یا دانه اختصاص می‌دهد (Rahemi *et al*., 2020). شاخص برداشت معیاری از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه است (Dastan *et al*., 2019). لذا همبستگی این صفات با سایر اجزای عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین همبستگی منفی و معنی‌دار بین DWP و HI بدین معنی است که با افزایش هر کدام از این دو صفت، دیگری کاهش می‌یابد. یعنی چنانچه هدف افزایش HI باشد و برای این منظور انتخاب صورت گیرد، DWP کاهش خواهد یافت و بالعکس. لذا جمع کردن مقدار بالای این دو متغییر در یک ژنوتیپ مشکل است. به ویژه اگر این رابطه منفی، از نوع ژنتیکی و به دلیل پیوستگی ژنتیکی باشد. همبستگی صفات می‌تواند ناشی از پیوستگی ژنتیکی یا وجود یک اثر متقابل ژنتیکی با یک جزء محیطی باشد. در مطالعه‌ای بر روی ارقام جو مشخص شده است که شاخص برداشت با تمام اجزای عملکرد همبستگی منفی دارد (Ambula *et al*., 2022). همچنین (Jain *et al*., 2022) با بررسی لاین‌های پیشرفته در نخود بیان داشتند که بین زیست توده کل و شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد (r=0.67**).

روش‌های مختلفی جهت رسیدن به تیپ ایده‌آل گیاهان زراعی وجود دارد که اکثراً برای دستیابی به تیپ‌ایده‌آل سه غله اصلی گندم، ذرت و برنج مورد استفاده قرار گرفتند (Haghshenas *et al*., 2022)، اما به نظر می‌رسد روش استفاده در این تحقیق ساده و کاربردی باشد. به عنوان مثال در روش معمول برای ارزیابی صفات، مقایسه عملکرد لاین‌های همسان و نزدیک به همسان گیاهان صورت می‌گیرد و یا در روشی دیگر انتخاب در جهت گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر صفاتی صورت می‌گیرد که متخصص به صورت تجربی آنها را درک کرده باشد که در هر صورت به چندین سال کار آزمایشگاهی و مزرعه‌ای نیاز دارد و بسیار زمانبر است (Yadi *et al*., 2022). استفاده از مدل‌های گیاهان زراعی زمانی قابل قبول است که مدل آزمون شده‌ای برای منطقه موجود 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 غیر اصلاح شده در طی چندین سال انجام شود، می‌تواند راهگشای متخصصان اصلاح نباتات در جهت حرکت به سمت تیپ ایده‌آل گیاهان زراعی باشد.

مطالعات بر روی ارقام کلزا نشان داد که صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن بیشترین تأثیر بر عملکرد دانه را دارند (Biabani *et al*., 2021). برخی محققان دریافتند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت عملکرد دانه با صفات طول دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، طول بلال و تعداد ردیف در بلال وجود دارد (Shojaei *et al*., 2022). در تحقیقی دیگر مشاهده کردند که صفات سطح تاج‌پوشش و کاروتنوئید بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد دارند (Golestani, 2022). همچنین طبق بررسیهای پژوهشگران مشاهده شد که صفات وزن خشک خوشه، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در خوشه، فاصله گره اول تا گره دوم ساقه و فاصله طوقه تا اولین گره، را به‌عنوان صفات موثر بر عملکرد دانه معرفی کردند (Taghipour and Ashraf Mehrabi, 2021). در گزارشی دیگر محققان روز تا طویل شدن ساقه، طول برگ پرچم، تعداد پنجه در بوته، وزن بیولوژیک در مرحله گرده‌افشانی، حداکثر ماده‌ی خشک و شاخص برداشت را به عنوان مهم‌ترین صفات تعیین کننده‌ی عملکرد دانه معرفی کردند (Haghshenas *et al*., 2022).

عوامل زیادی بر تغییرات عملکرد در مزرعه در طول دوره رشد تأثیر می‌گذارند که اهمیت هر عامل در هر منطقه با نوع محصول تغییر می‌کند. در واقع، ایمن‌ترین و سریع‌ترین راه برای افزایش عملکرد در مزرعه، کاهش خلاء عملکرد از طریق به

کارگیری فناوری‌های جدید در مدیریت زراعی و اصلاح نباتات است. علاوه بر این، تحقیقات زراعی نقش اساسی در کاهش خلاء عملکرد دارند. بنابراین، استفاده از ارقام در شالیزارها به شدت به تناوب زراعی، به ویژه تاریخ کاشت در خزانه، سن نشاء، تاریخ نشاءکاری و دوره رشد ارقام برنج وابسته است (Dastan *et al*., 2019).

نتیجه‌گیری کلی

هدف اصلی این مقاله ارزیابی مجدد روش استفاده از مدل‌های رگرسیونی در تعیین صفات موثر بر عملکرد در گیاهان زراعی است. در این مطالعه با استفاده از مدل رگرسیونی به تعیین تیپ ایده‌آل برنج پرداخته شد و چهار صفت وزن بوته، وزن خوشه، وزن ۱۰۰۰ دانه و شاخص برداشت در افزایش عملکرد بیشترین نقش را داشتند. با توجه به همبستگی منفی موجود بین دو متغیر شاخص برداشت و وزن بوته برای تعیین تیپ ایده‌آل فرضیاتی مطرح شد. نتایج نشان داد چنانچه ارتباط و همبستگی موجود بین برخی صفات دستخوش تغییرات قرار گیرد، می‌توان از آن به نفع عملکرد استفاده کرد. اگر همبستگی موجود بین صفات شاخص برداشت و وزن بوته قابل شکستن نباشد عملکرد تیپ ایده‌آل نسبت به متوسط عملکرد ۱۹۷/۶۱ (از ۴۱۲/۸۰ به ۶۰۹/۸۶) کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت. در صورتی که مقدار وزن بوته و شاخص برداشت در حد متوسط بماند، عملکرد تیپ ایده‌آل ۳۱۴/۶۴ (از ۴۱۲/۸۰ به ۷۲۷/۴۴) کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد و چنانچه همبستگی بین وزن بوته و شاخص برداشت شکسته شود، مقدار افزایش عملکرد ۶۹۷/۵۲ (از ۴۱۲/۸۰۳ به ۱۱۱۰/۳۲) کیلوگرم در هکتار خواهد بود. نتایج روش مورد استفاده در این تحقیق به علت اینکه به تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام توجه دارد، می‌تواند برای متخصصان اصلاح نباتات در جهت بهبود تیپ مطلوب گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گیرد. در صورتی که هدف اصلی تحقیق تعیین تیپ مطلوب برنج برای منطقه گنبد باشد بهتر است تعداد بیش‌تری ژنوتیپ طی چند سال مورد بررسی و تحقیق قرار گیرند. نتایج تجزیه رگرسیونی نشان داد در صورتی که صفات مؤثر بر عملکرد در بهترین حالت خود باشند موثرترند.

References

Ambula, K.V., James, O. and Charimbu, M.K., 2022. Evaluation of yield and yield components of advanced Kenyan barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. *African Journal of Biological Sciences*, *4*(2), pp.46-56. **doi: 10.33472/afjbs.4.2.2022.46-56**

Ashworth, A.J., West, C.P., Allen, F.L., Keyser, P.D., Weiss, S.A., Tyler, D.D., Taylor, A.M., Warwick, K.L. and Beamer, K.P., 2015. Biologically Fixed Nitrogen in Legume Intercropped Systems: Comparison of Nitrogen-Difference and Nitrogen-15 Enrichment Techniques. *Agronomy*, *Soil* and *Environmental Quality*, *107*(6), pp.2419-2430. **doi: 10.2134/agronj14.0639**

Bagheri, N., Babaeian-Jelodar, N. and Pasha, A., 2011 . Path coefficient analysis for yield and yield components in diverse rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Biharean Biologist*, pp.32-35. [In Persian].

Biabani, A., Foroughi, A., Karizaki, A.R., Rassam, G.A., Hashemi, M. and Afshar, R.K., 2021. Physiological traits, yield, and yield components relationship in winter and spring canola. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(8), pp.3518-3528. [In Persian]. **doi: 10.1002/jsfa.11094**

Dastan, S., Ghareyazie, B., Mohsenpor, M. and Abdollahi, S., 2019. Field trial evidence of non-transgenic and transgenic Bt. rice genotypes in north of Iran. *Journal Genetic Engenering Biotechnology*, *18*(1), pp.1-14. [In Persian]. **doi: 10.1186/s43141-020-00028-8**

FAO., 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nation. http://apps.fao.org.

Faraji, A., Raisi, A., Hezarjeribi, S. and Mobasher, S., 2012. Oil Crops. Noruzi First edition. Seed and Plant, 541 pages. [In Persian].

Ganghua, L., Zhang, J., Yang, C., Song, Y., Zheng, C.H., Wang, S.H., Liu, Z.H. and Ding, Y., 2014. Optimal yield-related attributes of irrigated rice for high yield potential based on path analysis and stability analysis. *The Crop Journal*, *2*, pp.235-243. **doi: 10.1016/j.cj.2014.03.006**

Gebrie, G.M., Abebe, D., Atnaf, M., Wondifraw, D. and Dessie, A., 2022. An investigation of phenotypic and genotypic variations in 100 upland rice genotypes at Pawe, Northwestern Ethiopia. *Journal of Genetic Resources*, pp.111-116. **doi: 10.22080/jgr.2022.22730.1289**

Gerrano, A.S. and Thungo, Z.G., 2022. Phenotypic description of elite cowpea (*Vigna ungiculata* L. *Walp*) genotypes grown in drought-prone environments using agronomic traits. Heliyon, e08855. **doi: 10.1016/ j.heliyon.2022.e08855**

Golestani, M., 2022. Investigation the relationships among agronomic and physiological traits of Thymus daenensis subsp. daenensis ecotypes under salt stress condition. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *52*(3), pp.261-271**.** [In Persian]. **doi: 10.22059/ijfcs.2020.304023.654723**

Haghshenas, H., Soltani, A., Ghanbari Malidarreh, A., Ajam Norouzi, H. and Dastan, S,m., 2020. Selecting the ideotype of improved rice cultivars using multiple regression and multivariate models. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *66*(8), pp.1134-1153. **doi: 10.1080/03650340.2019.1658866**

Iran's Agricultural Ministry. 2020. Annual statistics of agricultural production (available at: www.maj.ir)

Jain, N., Babbar, A., Kumawat, S., Yadav, R.K. and Asati, R., 2022. Correlation and path coefficient analysis in the promising advance chickpea lines. *The Pharma Innovation Journal*, *11*(5), 2124-2128

Kazerani, B., Navabpour, S., Sabouri, H., Ramezanpour, S.S., Zaynali Nezhad, K. and Eskandari, A., 2018. Determination of the best selection indices in mutant lines of rice at different moisture conditions. *Journal of Crops Improvement*, *20*(1), pp.173-189. [In Persian]. **doi:org/10.22059/jci.2018.233160.1733**

Krisnawati, A., Sundari, T. and Adie, M.M., 2022. Variation in pod shattering resistance among black soybean genotypes associated with agronomic traits. *In AIP Conference Proceedings*, *2462*(1), pp 020014. AIP Publishing LLC. **doi:org/10.1063/5.0075338**

Kumar, A., Sengar, R.S., Pathak, R.K. and Singh, A.K., 2022. Integrated Approaches to Develop Drought-Tolerant Rice: Demand of Era for Global Food Security. *Journal of Plant Growth Regulation*, pp.1-25. **doi:org/10.1007/s00344-021-10561-6**

Kumaria, J., Mahatmana, K.K., Sharmaa, S., Singhb, A.K., Adhikaric, S., Bansala, R. and Yadavb, M.C., 2022. Recent advances in different omics mechanism for drought stress tolerance in rice. *Russian Journal of Plant Physiology*, *69*(18), pp.1-12. **doi: 10.1134/s1021443722010095**

Li, R., Yang, R., Zheng, W., Wu, L., Zhang, C. and Zhang, H., 2022. Melatonin promotes SGT1-Involved signals to ameliorate drought stress adaption in rice. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(2), pp.315

Malhi, G.S., Kaur, M. and Kaushik, P., 2021. Impact of Climate change on agriculture and It's mitigation strategies: A review. *Sustainability*, pp.1312-1318. **doi:org/10.3390/su13031318**

Mirzaee, M., Moieni, A. and Ghanati, F., 2013. Effect of drought stress on proline and soluble sugar content in canola (*Brassica napus* L.) seedlings. *Iranian Journal of Biology*, *26*(1), pp.90-98. [In Persian].

Pareek, A., Dhankher, O.P. and Foyer, C.H., 2020. Mitigating the Impact of Climate Change on Plant Productivity and Ecosystem Sustain ability. *Journal* of *Experimental Botany*, *7*, pp.451–456. **doi:org/10.1093/jxb/erz518**

Parhizkari, A., 2019. Evaluate the Effects of Climate Change Impertinence on Agricultural Production and Farmer's Income Situation in Down Lands of Taleghan Dam. *Agricultural Economics Research*, *9*(4), pp.125-152. [In Persian]. **doi:20.1001.1.20086407.1396.9.36.7.8.**

Rahemi Karizaki, A., Rezaei, H., Gholizadeh, A., Nakhzari, A. and Naeemi, M., 2020. Study of the response of rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in semi-arid and semi-humid regions of Golestan Province. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *17*(4), pp.579-590. **doi: 10.22067/gsc.V17I4.77484**

Saberi-Riseh, R., Dashti, H. and Gholizadeh-Vazvani, M., 2022. Association between agronomic traits and molecular markers with take-all disease severity in bread wheat Triticum aestivum. *Journal of Crop Protection*, *11*(1), pp.39-59. **doi:20.1001.1.22519041.2022.11.1.4.5**

Sakoda, K., Taniyoshi, K., Yamori, W. and Tanaka, Y., 2022. Drought stress reduces crop carbon gain due to delayed photosynthetic induction under fluctuating light conditions. *Physiologia Plantarum*, *174*(1), pp 13603.

Shi, Y. and Jim, C.Y., 2022. Developing a thermal suitability index to assess artificial turf applications for various site-weather and user-activity scenarios. *Landscape and Urban Planning*, *217*, 104276. **doi:org/10.1016j.landurbplan.2021.104276**

Shojaei, H., Mostafavi, GH., Khosroshahli, M., Bihamta, M. and Ramshini, H., 2022. Study of quantitative traits related to grain yield stability in maize using multivariate statistical methods and graphical analysis. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *32*(3), [In Persian]. **doi:10.22034/saps.2021.48063.2736**

Sousa, D.P., Souza, P.J.O.P., Silva Farias, V.D., Caldas Nunes, H.G., Ferreira, D.P., Novoa, J.V.P. and Alves de Lima, M.J., 2018. Radiation use efficiency for Cowpea subjected to different irrigation depths under the climatic conditions of the Northeast of Para State. *Revista Brasileira de Meteorologia*, *33*(4), pp.579 587. **doi:org/ 10.1590/0102- 7786334001**

Taghipour, Z. and Mehrabi, A., 2021. Evaluation of phenotypic diversity, transgressive segregation and agro-morphological trait relations in generated populations from cross-breeding of Iranian rice cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *51*(3), pp.33-45. [In Persian]. **doi:org/10.22059/ijfcs.2019.275504.654581**

Vidal, A.K.F., Daher, R.F., Freitas, R.S., Stida, W.F., Lédo, F.J.D.S., da Silva, V.B. and Farias, J.E., 2022. Growth curve in elephant grass genotypes based on morpho-agronomic traits for energy production. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *82*, pp 1.

Yeganehpoor, F., Zehtab-Salmasi, S., ShafaghKolvanagh, J., Ghassemi-Golezani, K.A. and Dastborhan, S., 2017 Effect of some morphological traits and oil content of coriander seeds in response to bio-fertilizer and salicylic acid under water stress. *Journal.of. Biodiversity and Environmental Sciences*, *10*(1), pp.140-149. **doi: 10.5281/zenodo.2634710**

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 2, Summer 2024, P. 281-294

Using a step-by-step regression model to identify plant traits related to yield in rice (*Oryza sativa*) under drought stress conditions

Hadiseh Faramarzi Kohsar[1], Ali Rahemi Karizaki[2*], Hossein Sabouri[2], Abbas Biabani[2], Masoomeh Naeimi[2]

[1] M. Sc. Student, Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[2] Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[*]Corresponding Author: alirahemi@yahoo.com

Received: 13 February 2023 Accepted: 15 April 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.384194.1319**

Abstract

Introduction: In order to select their breeding goals among different physiological traits, plant breeders need to categorize the limitations as well as the capabilities of plants. This issue has led to the emergence of a concept called ideal type. Achieving the ideal type of agricultural plants requires the use of appropriate statistical methods. The aim of this study is to introduce the method of using regression modeling to determine the ideal type of crop plants on the rice plant.In breeding programs, it is very important to estimate the amount of yield based on the change in effective plant traits, which can be identified using regression modeling. In plant breeding, correlation between traits is of special importance, because it determines the amount and type of relationship between two or more traits. In plant breeding, correlation between traits is of particular importance, because it determines the degree and type of relationship between two or more traits. Correlation between different traits can help researchers in indirect selection using traits that are easier to measure in order to achieve self-sufficiency.

Materials and Methods: For this purpose, a study on 124 lines of the ninth generation of two varieties of rice (Ahlomi Tarom and Dorfak) was conducted at Gonbad Kavus University, Iran, using a randomized complete block design with three replications in two growing seasons of 2015 and 2016. Irrigation was done until the maximum stage of tillering in stress-free conditions (flooding). From this stage until the end of the growth period, irrigation was completely stopped. Among the measured traits, using stepwise regression, four traits of plant weight, panicle weight, 100-seed weight, and harvest index were identified that had the greatest role in increasing yield. Then the correlation between the selected traits and the rate of increase in performance was evaluated and the rate of increase in performance (percentage) resulting from that trait in relation to the total increase in performance was calculated. Regarding negative correlation between the harvest index and plant weight, three hypotheses were evaluated, that in each assumption the amount of increase in yield was estimated. Data analysis was carried out using SAS software.

Results and Discussion: Considering the existing negative correlation between the two variables of harvest index and plant weight, assumptions were made to determine the ideal type, The results indicated that if the correlation between the harvest index and plant weight, is not breakable, ideotype yield variation would have an increasing of 197.61 kg/ha. If with increasing plant weight, harvest index stay at moderate level, it would be an increasing of 314.64kg/ha and if correlation between plant weight and harvest index is breakable, it would be an increasing of 697.52 kg/ha. The method used in this study, due to the fact that the genetic differences between the lines are noticeable, can be a way for the breeders to move towards yield increasing in rice cultivars.

Conclusion: The main purpose of this article is to introduce the method of using regression modeling in determining the ideal type of crops. In this study, the ideal type of rice was determined using regression modeling. And the four characteristics of plant weight, cluster weight, 100 seed weight and harvest index had the greatest role in increasing the yield. Considering the existing negative

correlation between the two variables of harvest index and plant weight, assumptions were made to determine the ideal type. The results showed that if the relationship and correlation existing between some traits undergo changes, it can be used for the benefit of performance. If the main goal of the research is to determine the optimal type of rice for the Gonbad region, it is better to study and research more genotypes in a few years.

Keywords: Correlation, Plant breeding, Plant weight