تعیین روابط عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط با عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های جو از طریق آمار چند متغیره

مجله بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۰ شماره ۳ (پاییز ۱۳۹۳)
صفحات ۱۳- ۱

علی احمدی*
کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان
خرم‌آباد، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
ahmadi4809@yahoo.com
(مسؤل مکاتبات)

راضیه پورقاسمی
دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اگرواکولوژی
دانشگاه زابل
زابل، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
praziyeh@ymail.com

طهماسب حسین‌پور
استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان
خرم‌آباد، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
th35740@yahoo.com

چکیده به منظور ارزیابی برخی صفات ژنوتیپ‌های جو، تعداد ۲۰ ژنوتیپ جو در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خرم‌آباد مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد دانه و برخی صفات زراعی دیگر اندازه‌گیری شدند. اختلاف بین ژنوتیپ‌های مورد مقایسه از نظر صفات ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هکتولیتر معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۵ دارای بالاترین عملکرد دانه بودند. ضرایب همبستگی ساده صفات نشان داد که عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و وزن سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. بیشترین میزان همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک (r=۰/۹۰**) مشاهده شد. بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام، عملکرد بیولوژیک، وزن سنبله، طول برگ پرچم، سطح برگ پرچم، طول ریشک و طول سنبله به عنوان صفت مؤثر بر عملکرد دانه گزینش شدند. بنابراین این صفات را می‌توان به عنوان مهمترین خصوصیات گیاه در افزایش عملکرد دانه محسوب نمود و با تکیه بر آن‌ها می‌توان گزینش مناسبی در جهت بهبود عملکرد دانه جو انجام داد. بین صفات انتخابی صفت عملکرد بیولوژیک و وزن سنبله به ترتیب بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. با توجه به نتایج به دست آمده می توان اظهار داشت که ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۵ دارای بالاترین عملکرد دانه بودند، همچنین صفاتی چون وزن سنبله، طول برگ پرچم، سطح برگ پرچم، طول ریشک و طول سنبله به دلیل همبستگی بیشتر با عملکرد دانه نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه داشتند.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۹۱-۱۳۹۰**
تاریخ دریافت: **۹۲/۱۲/۱٤**
تاریخ پذیرش: **۹۳/۰۷/۰۹**

واژه‌های کلیدی:
- **تجزیه علیت**
- **تحلیل مسیر**
- **تنوع ژنتیکی**
- **تنوع زیستی**
- **رگرسیون گام به گام**
- **همبستگی**

مقدمه جو[1] از قدیمی‌ترین گیاهان روی زمین می‌باشد که مبدأ آن را کوه‌های زاگرس در غرب ایران، آفریقا و نیز آسیا به خصوص سوریه می‌دانند. این گیاه دامنه سازگاری وسیعی دارد و در تمام نواحی معتدله و در تعداد زیادی از نقاط سردسیر و نیمه گرمسیر دنیا کشت می‌شود[۱۰]. جو از نظر اقتصادی مهم و دارای مصارف انسانی، دامی و حتی درمانی می‌باشد. یکی از موارد مهم استفاده جو در جهان به عنوان مالت و یا غنی کردن محصولات غذایی است.[۱] بر اساس آمارنامه کشاورزی سطح زیر کشت جو در ایران در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹، بالغ بر ۱/٦ میلیون هکتار گزارش شده که سهم کشت آبی ٤۱/۱ و سهم کشت دیم ۵۸/۹٪ بوده است. بیشترین سطح برداشت جو در کل کشور مربوط به استان لرستان با سهم ۹/۳ و کمترین سطح این محصول مربوط به استان هرمزگان با سهم ۰/۱٪ است. متوسط عملکرد جو آبی در کشور ۲۸۹۲/۳ کیلوگرم در هکتار و متوسط عملکرد جو دیم ۱۰۳۳/٤ کیلوگرم در هکتار گزارش گردیده است[۱۵]. اساساً عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که توسط صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مختلفی کنترل می‌شود.[۲۰] کنترل ژنتیکی عملکرد به طور غیرمستقیم تحت تأثیر صفاتی است که با عملکرد همبستگی دارند و بر این اساس شناخت همبستگی بین عملکرد و اجزای آن و یافتن روابط بین آن‌ها می‌تواند باعث افزایش عملکرد گردد.[۲۱] در واقع بررسی همبستگی بین صفات مختلف باعث می‌شود تا بتوان در مورد انتخاب شاخص‌های انتخاب غیرمستقیم و حذف صفات غیر مؤثر به طور دقیق‌تری عمل نمود. نتایج یک پژوهش *عطایی (۲۰۰٦)* نشان داد که عملکرد دانه جو دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بود، اما بین عملکرد دانه و وزن دانه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد.[۲] *شفاالدین (۲۰۰۲)* نیز در بررسی ٤۲٤ نمونه جو بومی در بانک ژن گیاهی ملی ایران نشان داد که بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد.[۱۹] *حسین‌پور (۲۰۱۲)* نیز گزارش نمود که همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک بیش از همبستگی بین عملکرد دانه با سایر صفات بود.[۸] *ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۳)* نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با عملکرد کاه را گزارش کردند.[۵] بسیاری از صفات به واسطه ارتباط متقابل مثبت یا منفی، با سایر صفات همبستگی دارند. با این حال، گرچه بین عملکرد و تعدادی از اجزای آن رابطه مثبتی وجود دارد، ولی وجود همبستگی‌های منفی بین برخی از این اجزا باعث می‌شود که انتخاب همه آن‌ها نتواند در افزایش عملکرد دانه غلات مفید واقع شود.[۱۸] و ممکن است افزایش در یک جزء عملکرد، کاهش در برخی اجزای دیگر را به دنبال داشته باشد.[٤،۱٦] در ماتریس ضرایب همبستگی، با افزایش تعداد متغیرها، ارتباطات غیر مستقیم پیچیده می‌شوند. در این موارد، تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر، روش مناسبی برای بررسی دلایل ایجاد کننده یک همبستگی معین و بررسی سهم هر عامل در محصول نهایی است. در واقع ژنوتیپ از تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر به منظور تفکیک ضرایب همبستگی و شناسایی سهم اثرهای مستقیم و غیر مستقیم صفات بر متغیر تابع استفاده می‌گردد.[٦،۱۳] در گزارش *میلومریکا و همکاران (۲۰۰۵)* عملکرد بیولوژیک بیشترین اثر مستقیم و مثبت و تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر غیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. *حسین پور (۲۰۱۲)* با بررسی ۲۰ ژنوتیپ، جو بدون پوشینه گزارش کرد که وزن سنبله دارای اثر مستقیم و مثبت قوی

[1] *Hordeum voulgare* L.

بوده است و قسمت اعظم همبستگی را در بر گرفت.[۸]

این پژوهش با هدف تعیین روابط بین عملکرد دانه و صفات مؤثر بر آن، با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره و تعیین صفاتی که بیشترین میزان تنوع عملکرد را توجیه می‌کنند، انجام شد.

مواد و روش‌ها این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خرم‌آباد با مختصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ٤٨ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۱۷۱ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی ۲۰ ژنوتیپ جو (جدول ۱) در چهار تکرار انجام شد. هر ژنوتیپ در شش خط ۵ متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر در کرت‌هایی به مساحت شش متر مربع به صورت کرتی کشت شدند و پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها، برداشت در سطح ٤/٨ متر مربع انجام شد. خاک مزرعه دارای بافت سیلتی رسی لومی با اسیدیته ۸ بود. کود شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک و تعیین حد بحرانی عناصر موجود در خاک تعیین و به میزان ۱۵۰ کیلوگرم اوره، ۱۳۰ کیلوگرم فسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم کلرور پتاسیم، ٤٠ کیلوگرم سولفات روی، ۲۰ کیلوگرم اسید بریک و ۲۰ کیلوگرم سولفات آهن استفاده گردید. نصف کود اوره همراه با سایر کودهای شیمیایی هم زمان با کاشت و نصف دیگر کود اوره در مرحله پنجه‌زنی (وجود رطوبت در خاک، الزامی بود) مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله پنجه زنی جهت مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ از علف‌کش‌های گرانستار[1] و پوماسوپر[2] استفاده شد. برای صفات مورفولوژیک ۱۰ بوته در هر لاین و هر تکرار به طور تصادفی انتخاب و از میانگین صفات اندازه‌گیری شده در محاسبات استفاده شد و در نهایت از صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، طول ریشک، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد کاه، وزن هکتولیتر، وزن هزار دانه، وزن سنبله، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و تعداد سنبله در متر مربع ژنوتیپ‌های جو یادداشت برداری به عمل آمد. نتایج کلیه داده‌های صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.2 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. برای پیش‌بینی روابط عملکرد و اجزای عملکرد و حذف متغیرهای کم‌تأثیر، و نیز برای تحلیل مسیر از تجزیه رگرسیون گام به گام استفاده شد. برای انجام رگرسیون و پی بردن به روابط علت و معلولی میان عملکرد و اجزای آن از روش آماری تحلیل مسیر[3] و از نرم افزار Amos ver. 22 استفاده شد. همچنین از آن-جایی که عملکرد بیولوژیک خود صفتی وابسته به سایر صفات می-باشد، لذا تجزیه رگرسیونی به صورت جداگانه روی این صفت نیز انجام گرفت. همچنین تجزیه رگرسیون روی صفت وزن سنبله به عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل انجام گرفت.

نتایج و بحث بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هکتولیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). ضریب تغییرات خطای آزمایشی از ٦/٠٢٪ برای صفت وزن هکتولیتر تا ٤١/٩٩٪ برای صفت مساحت برگ پرچم متغیر بود. ضریب تغییرات مربوط به عملکرد دانه ٢٢/٨٪ بود. در صورتی که ضریب تغییرات مربوط به اجزای عملکرد دانه یعنی تعداد سنبله در متر مربع (١٣/١٤٪) و وزن هزار دانه (١٢/٥٧٪) کمتر از عملکرد به دست آمد. بنابراین مشخص است که عملکرد دانه بیشتر از اجزای آن از تغییرات محیطی متأثر می‌شود. نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نیز نشان

[1] tribenuronmethyl (Granstar®)
[2] fenoxaprop-p-ethyl (Puma Super®)
[3] path analysis

داد که ژنوتیپ شماره ۱۹، از نظر میانگین ارتفاع بوته، ژنوتیپ شماره ۲۰ از نظر میانگین طول پدانکل، ژنوتیپ شماره ۱۵ از نظر میانگین طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت، ژنوتیپ شماره ۳ از نظر میانگین طول ریشک و وزن هکتولیتر، ژنوتیپ شماره ٤ از نظر عملکرد بیولوژیک و وزن سنبله، ژنوتیپ شماره ۱۷ از نظر میانگین عملکرد کاه، ژنوتیپ شماره ۱۲ از نظر میانگین وزن هزار دانه و مساحت برگ پرچم، ژنوتیپ شماره ۱۱ از نظر میانگین طول برگ پرچم، ژنوتیپ شماره ۵ از نظر میانگین عرض برگ پرچم و تعداد سنبله در متر مربع نسبت به میانگین کل بیشتر بود. به طور کلی ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۵ دارای بالاترین عملکرد دانه بودند (جدول ۳). در میان ژنوتیپ‌ها برای اجزای عملکرد لاین‌های شماره ۱۵ و ۱٦ از نظر طول سنبله، ژنوتیپ شماره ۱۵ از نظر تعداد دانه در سنبله و ژنوتیپ شماره ۱۲ برای وزن هزار دانه بیشترین میانگین را داشتند. ضرایب همبستگی ساده صفات نشان داد که عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و وزن سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ٤). بیشترین میزان همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک ($r=۰/۹۰^{**}$) مشاهده شد. به عبارت دیگر، هر چند با افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز افزایش می یابد ولی نسبت این افزایش در مورد عملکرد بیولوژیک به مراتب بیشتر از افزایش در شاخص برداشت است. با توجه به نتایج به دست آمده مبنی بر وجود همبستگی بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه می‌توان اظهار داشت که عملکرد بیولوژیک در افزایش عملکرد دانه نقش داشته است. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است.[۷،۸،۱۰،۱۲] عملکرد بیولوژیک با عملکرد کاه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت که امری طبیعی است چرا که عملکرد بیولوژیک کل بیوماس تولید شده توسط گیاه در بالای سطح خاک می‌باشد. وزن سنبله که مؤلفه‌ای از تعداد دانه در سنبله و وزن دانه است، همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه نشان داد. *مبصر و همکاران (۲۰۰۲)* در آزمایشی روی جو، وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و وزن سنبله را گزارش کردند. [۱۳] وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین شاخص برداشت و وزن هزار دانه نشان می‌دهد که بین اجزای تشکیل دهنده عملکرد یک رابطه معکوس وجود دارد و پر محصول‌ترین غلات آنهایی نیستند که دارای دانه‌های سنگین یا سنبله‌های طویل-تری باشند، بلکه ژنوتیپ‌هایی هستند که اجزای عملکرد در آنها در حد متوسطی باشد،[۱۷] زیرا حداکثر عملکردی که در شرایط محیطی معینی می‌توان تولید کرد، دارای یک مقدار حداکثر است و از آن فراتر نمی‌رود، بنابراین افزایش تعداد دانه به ناچار کاهش وزن دانه را همراه خواهد داشت.[۸] بین تعداد دانه در سنبله و طول برگ پرچم همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۸٤) مشاهده شد.. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای (جدول ۵) صفات عملکرد بیولوژیک و وزن سنبله در مدل باقی ماندند. بنابراین می‌توان اظهار داشت این صفات مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جو می‌باشند و احتمالاً گزینش به منظور افزایش عملکرد دانه از طریق این صفات، اثر بخش خواهد بود. با توجه به ضرایب تبیین هر عامل در مدل مشاهده می‌شود که صفت عملکرد بیولوژیک ۰/۸۲٪ از تنوع موجود در عملکرد دانه را توجیه نمود. پژوهشگران دیگری نیز در ژنوتیپ‌های جو، صفت عملکرد بیولوژیک را از اجزای عملکرد دانه معرفی نمودند.[۱۹،۳] ضریب تبیین مدل رگرسیونی عملکرد دانه ۰/۹۷٪ بود که نشان می‌دهد این مدل از قدرت تبیین بسیار بالایی برخوردار است.. با در نظر گرفتن عملکرد بیولوژیک به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل و تجزیه رگرسیون گام به گام، صفات طول سنبله، طول برگ پرچم و عرض برگ پرچم در مدل رگرسیونی باقی ماندند و ۰/٤۸٪ از تغییرات را توجیه نمودند. این صفات به عنوان متغیرهای علت

جدول ۱- شجره ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جو

Table 1. Pedigree of studied barley genotypes

Genotype no.	barley genotypes pedigree
1	Soufara-02/3/RM1508/Por//Wi2269/4/Hml-02/Arabi Abiad//ER/Apm
2	Soufara-02/3/RM1508/Por//Wi2269/4/Hml-02/Arabi Abiad//ER/Apm
3	Hml-02/ArabiAbiad//ER/Apm/3/WI2269/Espe
4	Alanda/Harma/5/U.Sask.1766/Api//Cel/3/Weeah/4/Arar
5	Soufara-02/3/RM1508/Por//Wi2269/4/Hml-02/Arabi Abiad//ER/Apm
6	Soufara02/3/RM1508/Por//Wi2269/4/WI2197/Mazurka
7	Man/Huiz//M6969/3/Apm/RI//H272/4/CP/Bra/5/Joso"S"/6/Hyb85-6/7/Aths
8	MR25-84/Att*2//Mari/Aths*2-02(Sel.A-22)
9	Clipper/Volla/3/Arr/Esp//Alger/Cereis362-1-1/4/ Hml
10	Rt071/3/Alanda//Lignee527/Arar
11	Soufara02/3/RM1508/Por//WI2269/4/Hml02/ArabiAbiad//ER/Apm
12	Arta/MUNDAH
13	Hml/Tadmor
14	Moroco9-75//W12291/W12269
15	Hml02/ArabiAbiad//ER/Apm/3/BelfirtBarley/Carben//Ms2375
16	Wi2291/Bgs//Wi2291/Roho/3/Moroco9-75/Hml-02
17	Lignee527/NK1272/6/Cita'S'/4/Apm/Rl//Manker/3/Maswi/Bon/5/Copal'S'
18	Wi2291/Bgs//Wi2291/Roho/3/Moroco9-75/Hml-02
19	Mahor (as check)
20	Izeh (as check)

ردیف دوم عملکرد دانه در نظر گرفته شدند. طول برگ پرچم بیشترین ضریب تبیین را دارا بود و به‌عنوان یکی از صفات مهم و تأثیرگذار در عملکرد دانه و مؤثر بر عملکرد بیولوژیک شناخته شد. در مرحله سوم تجزیه رگرسیون روی صفت وزن سنبله به عنوان متغیر وابسته مقابل سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل انجام گرفت و صفات طول سنبله و طول ریشک در مدل رگرسیونی باقی ماندند. این صفات در مجموع ۰/۲۶درصد از تنوع صفت وابسته را توجیه نمودند.

جباری و همکاران (۲۰۱۱) نیز صفت طول سنبله را جزو تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد دانه جو معرفی کردند. تجزیه‌ی علیت مشخص می‌کند که همبستگی صفات با عملکرد به علت اثر مستقیم آن‌ها روی عملکرد و یا در نتیجه‌ی اثر غیر مستقیم از طریق صفات دیگر است.[۹] اگر همبستگی بین عملکرد و یک صفت به علت اثر مستقیم آن صفت باشد این مطلب منعکس کننده‌ی یک رابطه‌ی واقعی بین آن‌ها است و بنابراین می‌توان صفت مذکور را به منظور اصلاح عملکرد انتخاب نمود، اما اگر این همبستگی اصولاً به علت اثر غیر مستقیم صفت از طریق صفت دیگر باشد در این صورت عمل انتخاب را باید روی صفتی انجام داد که سبب اثر غیر مستقیم شده است. نتایج حاصل از تجزیه مسیر ترتیبی برای صفت عملکرد و اجزای عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ جو مورد مطالعه نشان داده شد (شکل۱). در مرحله اول تجزیه مسیر ترتیبی عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و عملکرد بیولوژیک و وزن سنبله به عنوان متغیرهای مستقل شناسایی شدند که با توجه به میزان اثر باقی مانده ($\sqrt{1-R^2}$ = ۰/۱۷) در مجموع ۸۳٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نماید. اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک و وزن سنبله بر عملکرد دانه مثبت بود. عملکرد بیولوژیک دارای بیشترین اثر مستقیم (۰/۷۹) بر عملکرد دانه بود که نشان از اهمیت ویژه این صفت بر عملکرد دانه دارد. با توجه به میزان همبستگی مشاهده شده بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (۰/۹۰) میزان اثر غیر مستقیم این صفت از طریق وزن سنبله روی عملکرد دانه ۰/۱۱ بود. در نتیجه انتخاب مستقیم

برای این صفت در جهت بهبود عملکرد دانه مؤثر خواهد بود. وزن سنبله نیز دارای اثر مستقیم و مثبت (۰/٤۸) بر عملکرد دانه بود که در مقایسه با ضریب همبستگی این صفت با عملکرد دانه (۰/۷٤) کاهش نشان داد که نشان از وجود اثر غیر مستقیم بالای این صفت (۰/۲٦) روی عملکرد دانه بود. بنابراین می‌توان اظهار داشت که انتخاب ژنوتیپ‌ها برای افزایش عملکرد تنها از طریق وزن سنبله از کارایی بالایی برخوردار نمی‌باشد. با توجه به نتایج رگرسیون گام به گام در مرحله دوم صفات عملکرد بیولوژیک و وزن سنبله به عنوان صفات وابسته در مدل تجزیه علیت وارد شدند. برای صفت عملکرد بیولوژیک نیز صفات سطح برگ پرچم، طول برگ پرچم و طول سنبله به عنوان متغیر مستقل شناسایی شدند و برای صفت وزن سنبله نیز طول سنبله و طول ریشک به عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل شدند. طول سنبله بر هر دو صفت عملکرد بیولوژیک و وزن سنبله دارای اثر مستقیم مثبت (به ترتیب ۰/٤۹ و ۰/۳۵) بود. سطح برگ پرچم اثر مستقیم و منفی (۰/٤۸-) بر عملکرد بیولوژیک داشت ولی طول برگ پرچم دارای اثر مستقیم مثبت بر عملکرد بیولوژیک بود. طول ریشک بر وزن سنبله نیز دارای اثر مستقیم و منفی (۰/۳۵-) بود. نیز نتایج به دست آمده نشان داد که عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، وزن سنبله، طول برگ پرچم، سطح برگ پرچم، طول ریشک و طول سنبله بیشترین ارتباط را داشت. لذا این صفات را می‌توان مهمترین خصوصیات گیاه در افزایش عملکرد محسوب نمود که با تکیه بر آن بتوان گزینش مناسبی در جهت بهبود عملکرد دانه انجام داد.

نتیجه گیری کلی از ۲۰ ژنوتیپ مورد مطالعه در آزمایش ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۵ در شرایط آب و هوایی خرم‌آباد دارای بالاترین عملکرد بودند. بنابراین، برای گزینش ارقام پرمحصول می‌توان از این ارقام استفاده کرد. صفات عملکرد بیولوژیک، وزن سنبله و طول سنبله از اجزای مهم مرتبط با عملکرد دانه معرفی شدند که در انتخاب ارقام و لاین‌های پرمحصول جو کاربرد خواهد داشت. در نهایت مشخص شد که تجزیه علیت در تبیین اثرات اجزای عملکرد و سایر صفات مؤثر بر عملکرد دانه که به وضوح در تجزیه همبستگی ساده صفات منعکس نمی‌باشند بسیار کارآمد است.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات در ژنوتیپ‌های جو مورد مطالعه

Table 2. Variance analysis of studied traits in barley genotypes

Source of variation	df	grain yield	straw yield	biological yield	test weight	awn length	spike length	peduncle length	plant height
replication	3	28743.94^{ns}	649302.81^{ns}	692742.50^{ns}	4434.93*	1.88^{ns}	1.25^{ns}	60.41*	228.54**
genotype	19	413515.79**	274500.31^{ns}	1010818.16*	3518.33**	1.10^{ns}	1.56^{ns}	15.11^{ns}	162.88**
error	57	143138.29	274672.11	479713.99	1199.98	1.97	1.14	8.95	55.73
C.V. (%)	--	22.8	27.19	19.18	6.02	13.49	17.46	14.22	11.26

ادامه جدول ۲

Table 2. Continued

Source of variation	df	spike weight	1000 grain weight	flag left length	flag left width	flag left area	grain number in spike	harvest index	spike number
replication	3	17.06^{ns}	45.23^{ns}	0.06^{ns}	7.71*	12.27^{ns}	33.33^{ns}	139.79^{ns}	1288.45^{ns}
genotype	19	15.33^{ns}	14.64^{ns}	0.09^{ns}	4.07^{ns}	9.5^{ns}	103.14^{ns}	74.04^{ns}	565.71^{ns}
error	57	14.23	18.16	0.09	2.84	6.07	72.09	67.69	731.18
C.V. (%)	--	35.15	12.57	32.35	20.47	41.99	30.43	17.99	13.14

ns, * و** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, * and **, are non-significant and significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های جو مورد مطالعه

Table 3. Mean comparison of the studied traits in barley genotypes

Genotype No.	grain yield	straw yield	biological yield	harvest index	1000 grain weight	grain number in spike	spike length	spike weight
1	2219 a	2037 b-e	4256 ab	53.3 ab	36 ab	25.7 e-h	5.5f gh	9.9 e-h
2	1619 ghi	2050 bcd	3669 cde	45.8 d-h	35.2 a-d	22.7 ghi	6.2 cde	9.5 fgh
3	1612 hi	2312 ab	3925 bcd	41 ij	32.7 efg	24.7 gh	6 def	9 gh
4	2081 abc	2356 a	4437 a	47 c-g	32.5 efg	36.5 ab	5.7 efg	14 a
5	1887 cde	1912 d-h	3800 cd	49.4 bcd	32 efg	32.7 bc	6.2 cde	13 ab
6	1431 ij	1937 d-h	3406 ed	41.9 hij	33.7 b-f	32.5 bc	5.5 fgh	11 b-f
7	1740 e-h	1866 d-h	3706 cde	48.8 cde	32.2 efg	27.2 d-g	6 def	12 b-e
8	1262 jkl	1744 e-h	3006 g	40.3 j	31.5 fg	23.5 ghi	5 h	7.8 hi
9	1075 l	1331 i	2406 h	44.6 e-j	32.7 efg	20 i	5.7 efg	6.5 i
10	1622 ghi	1625 h	3612 de	45.3 d-i	30.7 g	26.2 d-g	6.7 abc	11.8 b-e
11	1675 fgh	2219 abc	3894 bcd	43 g-j	36 ab	32.5 bc	6.5 bcd	12.4 a-d
12	1850 edf	2000 c-f	3850 cd	47.9 c-f	37.5 a	25 fgh	6.2 cde	10.1 efg
13	1402 j	1722 fgh	3125 fg	45 d-j	33 d-g	21.2 hi	7 ab	9.2 fgh
14	1311 jk	1670 gh	2981 g	43.8 f-j	33.2 def	29.7 c-f	6.2 cde	13.1 ab
15	2131 ab	1781 d-h	3912 bcd	55.6 a	33.5 c-f	38 a	7.2 a	12.9 abc
16	1831 d-g	2012 c-f	3844 cd	42.6 g-j	34.2 b-e	27.5 d-g	7.2 a	10.8 c-g
17	1662 fgh	2381 a	4044 bc	40.9 ij	37.2 a	30.7 cd	5.5 fgh	9.8 e-h
18	1662 fgh	1900 d-h	3562 de	46.6 c-h	35.2 a-d	29.7 c-f	6.2 cde	10.4 d-g
19	1975 bcd	1914 d-h	3889 bcd	50.9 bc	32.7 efg	21 hi	6.2 cde	8.7 gh
20	1127 kl	1766 d-h	2894 g	40.3 j	35.7 abc	30.5 cde	5.2 gh	12.4 a-d

ادامه جدول ۳

Table3. Continued

Genotype No.	spike number	awn length	plant height	peduncle length	test weight	flag left area	flag left length	flag left width
1	204 b-e	9.7 e	57 j	17.5 l	615.1 b	3.88 hij	0.71 f	7.12 fg
2	2.6 b-e	10.7 bcd	59 hij	20 hij	577.5 efg	4.59 ghi	0.81 ef	7.62 d-g
3	213 abc	11.7 a	61 hi	20.5 f-j	632.3 a	3.88 hij	0.72 f	7.12 fg
4	205 b-e	11 bc	62 ghi	21.7 d-g	556.5 hi	5.02 fgh	0.86 def	7.81 def
5	225 a	10.5 b-e	63 fgh	20.7 e-i	609 bc	8.06 ab	1.11 abc	9.62 a
6	219 ab	10.5 b-e	66 ef	22 edf	581.4 efg	6.92 a-d	1.10 abc	8.5 bcd
7	212 abc	10.5 b-e	72 bc	23.7 abc	577.6 efg	3.61 ij	0.75 f	6.75 g
8	213 abc	10.7 bcd	75 abc	22.5 bcd	574 fgh	5.44 efg	0.96 cde	7.5 efg
9	210 bcd	10 ed	65 e-h	19 jkl	602.7 bcd	6.2 c-f	0.86 def	9.25 ab
10	225 a	10.2 cde	71 cd	22 def	532.8 j	6.13 def	0.87 def	9.25 ab
11	211 a-d	9.7 e	68 de	19.2 ijk	595.7 cde	7.53 abc	1.16 a	8.87 abc
12	205 b-e	9.7 e	58 ij	19.5 ij	578.4 efg	8.25 a	1.10 abc	9.5 a
13	198 c-f	10.5 b-e	71 cd	22.2 cde	582.2 efg	7.17 a-d	1.01 a-d	9 ab
14	203 cde	10.2 cde	56 j	17.7 kl	571.7 fgh	5.22 fg	0.84 def	8 c-f
15	204 b-e	10 de	67 e	22.25 cde	541.5 ij	7.81 ab	1.15 ab	9 ab
16	187 fg	10.5 b-e	62.5 gh	21.2 d-h	857.9 def	5.52 efg	0.87 def	8.44 b-e
17	196 def	9.7 e	67 e	20 hij	578.5 efg	3.17 j	0.73 f	5.87 h
18	176 g	10.5 b-e	73 abc	20.2 g-j	565.5 gh	6.78 b-e	1.06 abc	8 c-f
19	194 ef	10.5 b-e	76 a	24 ab	540 ij	5.45 efg	0.87 def	8.5 bcd
20	205 b-e	11.2 ab	75 ab	24.5 a	507.2 k	6.77 b-e	0.99 bcd	9 ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در حد احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

جدول٤- همبستگی بین صفات در ژنوتیپ‌های جو مورد مطالعه

Table 4. Correlations between traits in barley genotypes studied

No	plant traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Plant height															
2	Peduncle length	0.76**														
3	Spike length	-0.10^{ns}	-0.01^{ns}													
4	Awn length	0.17^{ns}	0.47*	-0.2^{ns}												
5	Biological yield	-0.30^{ns}	-0.07^{ns}	0.19^{ns}	-0.09^{ns}											
6	Grain yield	-0.29^{ns}	-0.07^{ns}	0.33^{ns}	-0.24^{ns}	0.90**										
7	Straw yield	-0.28^{ns}	-0.12^{ns}	-0.10^{ns}	0.14^{ns}	0.80**	0.51*									
8	Test weight	-0.55*	-0.62**	-0.05^{ns}	-0.08^{ns}	0.14^{ns}	0.08^{ns}	0.26^{ns}								
9	1000grain weight	-0.10^{ns}	-0.06^{ns}	-0.22^{ns}	0.08^{ns}	-0.09^{ns}	-0.14^{ns}	-0.15^{ns}	0.14^{ns}							
10	Spike weight	-0.16^{ns}	-0.04^{ns}	0.36^{ns}	-0.37^{ns}	0.43^{ns}	0.74**	-0.09^{ns}	-0.06^{ns}	-0.06^{ns}						
11	Flag left length	-0.09^{ns}	0.04^{ns}	0.07^{ns}	-0.06^{ns}	0.40^{ns}	0.35^{ns}	0.35^{ns}	-0.22^{ns}	0.07^{ns}	0.15^{ns}					
12	Flag left width	0.14^{ns}	0.09^{ns}	0.37^{ns}	-0.20^{ns}	-0.23^{ns}	-0.07^{ns}	-0.35^{ns}	-0.21^{ns}	0.11^{ns}	0.16^{ns}	0.23^{ns}				
13	Flag left area	0.07^{ns}	0.11^{ns}	0.42^{ns}	-0.12^{ns}	-0.32^{ns}	-0.11^{ns}	-0.52*	-0.24^{ns}	0.22^{ns}	0.17^{ns}	0.02^{ns}	0.89**			
14	Grain number in spike	-0.14^{ns}	0.10^{ns}	0.24^{ns}	0.01^{ns}	0.36^{ns}	0.33^{ns}	0.23^{ns}	-0.33^{ns}	0.17^{ns}	0.19^{ns}	0.84**	0.24^{ns}	0.16^{ns}		
15	Harvest index	-0.27^{ns}	-0.39^{ns}	-0.11^{ns}	-0.40^{ns}	0.23^{ns}	0.12^{ns}	0.42^{ns}	0.06^{ns}	-0.44*	-0.05^{ns}	0.11^{ns}	0.02^{ns}	-0.16^{ns}	-0.02^{ns}	
16	Spike number	0.22^{ns}	0.14^{ns}	0.28^{ns}	-0.21^{ns}	-0.13^{ns}	-0.03^{ns}	-0.18^{ns}	-0.21^{ns}	0.05^{ns}	0.10^{ns}	0.39^{ns}	0.94**	0.71**	0.30^{ns}	-0.10^{ns}

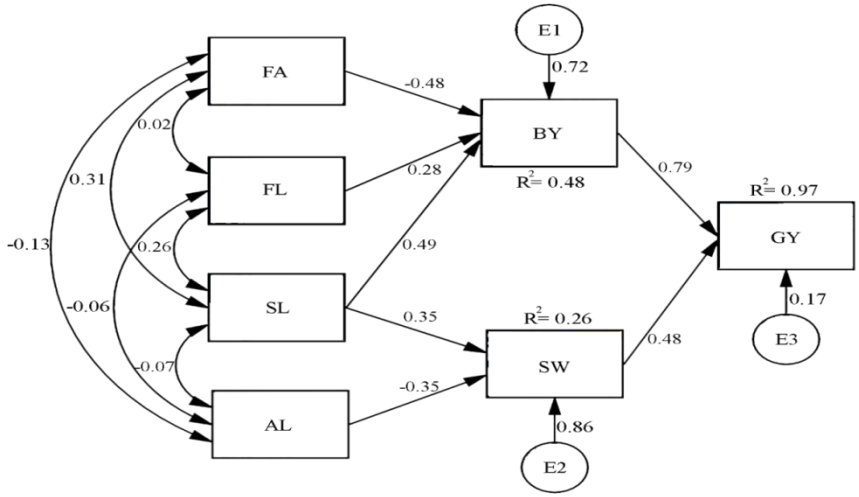
ns، * و** به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns, * and **, are non-significant and significant at 5 and 1% of probability levels, respectively

جدول ۵- مقادیر ضریب‌تبیین تصحیح‌شده، عامل تورم واریانس و ضریب تحمل برای صفات پیش‌بینی کننده عملکرد ژنوتیپ‌های جو

Table 5. Value of the corrected coefficient, variance inflation factor and tolerance index for grain yield traits predict climate of barley genotypes

Forecasters attribute	attribute affiliated	the correction coefficient	tolerance factor	variance inflation factor
Biological yield	grain yield	0.82	0.815	1.27
Spike weight		0.97	0.815	1.27
Spike length	biological yield	0.17	2.50	1.20
Flag leaf length		0.40	1.51	1.08
Flag leaf width		0.48	-2.53	1.11
Spike length	spike weight	0.13	1.65	1.01
Awn length		0.26	-1.66	1.01



شکل ۱- تجزیه مسیر ترتیبی صفات عملکرد و اجزای عملکرد ۲۰ ژنوتیپ جو

Fig. 1. Sequential pate analysis for yield and yield components of 20 genotypes of barley

GY= عملکرد دانه، SW=وزن سنبله، BY=عملکرد بیولوژیک، AL=طول ریشک، SL=طول سنبله، FL=طول برگ پرچم، FA= عرض برگ پرچم و E1، E2، E3= خطای مدل

References

1. Alam MZ, Haider SA, Paul N K (2007) Yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in relation to nitrogen fertilizer. Journal of Agriculture Science Research 3: (10): 1022-1026.
2. Ataei M (2006) Path analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) yield. Ankara Universitesi Ziraat Fakultesi Tarim Bilimleri Dergisi 12(3): 227-232.
3. Dadashi MR, Bahzad A, Asghar M (2011) The correlation coefficients and path analysis of grain yield of barley lines. Journal of Agricultural Science 4(13): 91-102.
4. Del Blanco IA, Rajaram S, Kronstad W E (2001) Agronomic potential of synthetic hexaploid wheat-derived populations. Crop Science 3(41): 670-676.
5. Ebrahimi A, Naghavi MR , Sabokdast M, Moradi Sarabshelli A, Ghaderdan K (2013) Evaluation of genethc diversity of Iranian wild barley and Iandraces using morphological characters. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 1(41): 56-67.
6. Franco J, Crossa J (1997) A sequential clustering strategy for classifying gene bank accession. Crop Science 37(3): 1652-1656.
7. Ghaderi M, Hzynaiy Khanqa A, Hossein-Zadeh A, Talei M, Naghavi R (2009) Evaluation of grain yield, yield components and other traits related to grain yield in wheat using multivariate analysis. Journal of Agricultural Research, 7(2): 582-573.
8. Hosseinpour, T (2012) Relationship among agronomic characteristics and grain yield in hull-less barley genotypes under rainfed conditions of koohdasht. Iranian Journal of Crop Sciences. 14(3): 263-279 (In Persian).
9. Jabbari M, Siahsar BA, Ramroodi M, Koohkan ShA, and Zolfaghari F (2011) Correlation and path analysis of morphological traits associated with grain yield in drought stress and non-stress conditions in barley agronomy. Journal Pajouhesh & Sazandegi, 93(1): 112-119.
10. Khodabandeh N (2003) Cereals. 7th edition, Tehran University Press.
11. Kumar S, Mittal RK, Gupta D, and Katna G (2005) Correlation among some morpho-physiological characters associated with drought tolerance in wheat. Annals of Agriculture Biology Research, 10(1): 129-134.
12. Milomirka Madic A, Paunovic A, Djurovic D, Knezevic D (2005) Correlation and path coefficient analysis for yield and yield components in winter barley. Acta Agriculture, 20(1): 3-9.
13. Mobasser S, Nourmohammadi Gh, Kashani A, Moghaddam, M (2002) Path analysis for grain yield of barley. Iran. Journal of Crop Science. 2(1): 15-22. (In Persian with English abstract).
14. Moghaddam M, Bassirat M, Rahimzadeh Khoyee F, Shakiba MR (1993) Path coefficient analysis of grain yield, its components and some morphological traits in winter wheat. Agricultural Science 2(10): 48-73 (In Persian with the English abstract).
15. Ministry of Agriculture Statistics (2010-2011). Economic and Planning Department. Center for Information and Communication Technology. The first volume of agricultural crops 33.
16. Poehlman JM, Sleper DA (1995) Breeding field crops. 4th ed. Ames. Iowa State University Press. 12-16.
17. Rasmusson DC, Chanel RQ (1970) Selection for grain yield and components of yield in barley. Crop Science 10(1): 51-54.
18. Rharrabti Y, Elhani S, Martos Nunes V, Garcia Del Moral LF (1998) Relationship between some quality traits and yield of durum wheat under southern Spain conditions. CIHEAM-Option Mediterraneans 40(1): 529-531.
19. Shafaoddin S (2002) Evaluation of genetic and geographic diversity in barley germplasm in North of Iran based on agronomical and morphological traits. Iranian Journal of Agricultural Sciences 33(3): 569-581.(In Persian).
20. Sinebo W (2002) yield relationship of barley grown in a tropical highland environments. Crop Science Journal 24(3): 428-437.
21. Torrest VR, Davila JH, Mendoza AB, Godina FR, Matit RK (2004) Importance of agronomic characteristics in the grain yield of maize under irrigated and rainfed condition. Crop Research 27 (2&3): 169-176.

Relationship between grain yield and yield components of barley genotypes by multivariate statistical methods

Agroecology Journal
Vol. 10, No. 3 (1-13) Autumn 2014

Ali Ahmadi*
Master of agriculture and natural resources
Research Center of Lorestan
Khorramabad, Iran
Email ✉:
ahmadi4809@yahoo.com
(corresponding author)

Raziyeh Pourghasemi
Former master student of Agroecology
University of Zabol
Zabol, Iran
Email ✉:
praziyeh@ymail.com

Tahmaseb Hosseinpour
Research assistant professor of Agricultural and Natural Research Center of Lorestan
Khorramabad, Iran
Email ✉:
th35740@yahoo.com

Received: 4 March, 2014 **Accepted:** 2 October, 2014

ABSTRACT To assess some traits of 20 barley genotypes, the experiment was done in a randomized complete block design with four replications in Agriculture and Natural Resources Research Station, of Khorramabad in 2011-2012 growing season. Grain yield and some other agronomic traits were measured. Differences between genotypes were compared in terms of plant height, biological yield, grain yield and hectoliter weight was significant. Genotypes of 1 and 15 had the highest grain yield. Simple correlation coefficients indicated that grain yield, biological yield, straw yield and spike weight had positive and significant correlation. Highest correlation was observed in grain and biological yield ($r = 0.90^{**}$). The results of stepwise regression analysis showed biological yield, spike weight, flag leaf length, flag leaf area, spike length, awn length were the traits influencing on grain yield. Therefore, these attributes can be considered as the most important plant characteristics and they could be a suitable choice to improve the yield of barley genotypes breeding programs. Spike weight, biological yield had the highest direct effect on grain yield. Also, genotypes of 1 and 15 had the highest yield. The traits such as weight, spike, flag leaf length, flag leaf area, awn length and head length which had high correlation with grain yield were effective on yield increment.

Keywords:
- biodiversity
- correlation
- genetic variation
- path analysis
- stepwise regression