

بررسی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی جو تحت شرایط نرمال رطوبتی و دیم

Investigation of grain yield and some agronomic traits in barley under the normal and rain-fed condition

خداداد مصطفوی^۱، عزت کرمی^{۲*}، سمانه عزیزی^۳

تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۱

چکیده

به منظور مطالعه تحمل به خشکی در جو دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط نرمال رطوبتی و دیم، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج در سال زراعی ۹۳-۹۲ اجرا شد. صفات عملکرد دانه در واحد سطح، روز تا سنبله دهی، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژی یک، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله اصلی، وزن بوته و وزن سنبله مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس در شرایط نرمال و تنش دلالت بر وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام از لحاظ اکثر صفات مورد مطالعه داشت. در شرایط نرمال صفات شاخص برداشت و طول پدانکل و در شرایط تنش صفات شاخص برداشت و وزن هزار دانه با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. تجزیه رگرسیون گام به گام نمایان ساخت در شرایط نرمال رطوبتی صفات وزن بوته و طول پدانکل و در شرایط دیم نیز صفات وزن بوته، طول سنبله، روز تا گلدهی و روز تا سنبله‌دهی به ترتیب تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد دانه در جو می‌باشند. شاخص‌های تحمل به خشکی STI ، GMP ، MP و HM به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار با Yp و Ys ، به عنوان شاخص‌های کارآمد در تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد دانه بالا تشخیص داده شدند. ارقام کویر و زرجو با مقادیر بالایی از شاخص‌های MP ، GMP ، STI ، HM ، Ys و Yp بعنوان متحمل‌ترین ارقام به خشکی شناخته شدند.

کلمات کلیدی: همبستگی، تنش خشکی، عملکرد دانه، انتخاب، شاخص‌های تحمل.

۱ - گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

۲ - گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

۳ - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

مکاتبه کنند: ezzatut81@yahoo.com

بررسی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی جو تحت شرایط نرمال رطوبتی و دیم

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare*) از نظر اهمیت غذایی و سطح زیر کشت در میان غلات، پس از گندم، ذرت و برنج مقام چهارم را دارد. اما با توجه به اینکه در شرایط متنوع آب و هوایی قابل کشت است، از نظر دامنه گسترش کشت مقام اول را داراست. جو در سراسر جهان به دلیل سازگاری وسیع به شوری، خشکی و دمای پایین، به جز نواحی استوایی کشت می‌گردد (Hayes and Iyamb, 1994).

جو یکی از محصولات مهم ایران بوده و در سطحی معادل ۱/۵۴ میلیون هکتار در شرایط آبی و دیم کشت می‌شود که از نظر سطح زیر کشت در رتبه دوم کشوری قرار می‌گیرد. از کل سطح زیر کشت جو در ایران حدود ۶۰٪ به صورت دیم کشت شده و متوسط عملکرد جو دیم در ایران ۷۰۰ الی ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2018).

اهمیت بررسی اثر تنش‌های محیطی و نقش آن‌ها در پیش‌بینی و ارزیابی رشد و عملکرد محصولات زراعی بسیار آشکار است. تنش خشکی بر مقدار آب برگ، فتوسنتز و کارآیی مصرف آب تأثیر می‌گذارد (Egilla et al., 2005). کمبود آب در مراحل مختلف رشد، فعالیت‌های رشد و فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را تا مرحله تشکیل و پر شدن دانه محدود و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Samarah, 2005)؛ اما در صورتی که گیاه در دوره رشد زایشی با تنش خشکی مواجه شود نسبت به دوره رشد رویشی بیش‌تر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Guo et al., 2007).

حدود یک‌سوم اراضی جهان با کمبود بارندگی مواجه‌اند و نیمی از این اراضی دارای بارندگی سالیانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌لیتر می‌باشند که یک‌چهارم تبخیر و تعرق بالقوه این مناطق است. در کشور ما نیز به جز سواحل دریای خزر و قسمت‌های کوچکی از شمال غربی بقیه مناطق تماماً جزء نقاط خشک و نیمه‌خشک

محسوب می‌گردند و این در حالی است که مناطق خشک کشورمان نسبت به مناطق نیمه‌خشک آن، از وسعت بیشتری برخوردار است (Ehdaei, 1993). خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی در دنیا است، که با افزایش تغییرات آب و هوایی در سطح جهان این مشکل اهمیت زیادی یافته است. مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است اما پیشرفت چندانی صورت نگرفته است زیرا مقاومت به خشکی یک صفت کمی است که تحت کنترل چند ژن است (Shao et al., 2005). در حال حاضر شاخص مطلوب و نهایی تحمل به خشکی در برنامه‌های اصلاحی ارزیابی عملکرد دانه تحت شرایط نرمال و تنش است. در صورتی که اساس فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی شناخته شود و اصلاحگران بتوانند از آن به‌عنوان یک ابزار گزینشی در جمعیت‌های بزرگ در حال تفرق استفاده کنند، به فرآیند اصلاح گیاهان کمک بسیار خواهد شد. یک راه برای جستجوی چنین ابزار فیزیولوژیکی مقایسه ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به خشکی در یک گونه گیاهی است (Winter et al., 1994).

بر اساس مطالعات انجام‌شده از بین عوامل مختلف ایجادکننده تنش‌های زنده و غیرزنده، تنش خشکی به‌تنهایی ۴۵٪ کاهش عملکرد محصول را سبب می‌گردد (Saxena, 1987). انتخاب والدین مناسب جهت تولید ارقام متحمل به خشکی که دارای ترکیبی از خواص مطلوب والدین باشند، همیشه یکی از ابزارهای اساسی مورد استفاده متخصصین اصلاح نباتات بوده است. از این‌رو بررسی ارتباط صفات مورفولوژیک مؤثر در افزایش تحمل به تنش خشکی جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Karami and Rokhzadi, 2013).

سکارلی و همکاران (Ceccarelli et al., 1992) در بررسی ارتباط بین عملکرد دانه در مناطق کم بازده

قریشی و نیبلینگ (Qurshi and Neibling, 2008) در بررسی تحمل ارقام جو به تنش خشکی نشان دادند که قطع آبیاری قبل و یا بعد از مرحله خمیری شدن دانه، عملکرد دانه را به طور معنی داری کاهش می دهد، اما کیفیت دانه جهت تولید مالت تفاوت معنی داری نشان نمی دهد. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله شیرینی شدن دانه باعث بیشترین کاهش در عملکرد و کیفیت دانه می شود.

سید آقا میری و همکاران (Seyed Aghamiri et al., 2012) در بررسی روابط بین عملکرد و صفات زراعی در جو نشان دادند که همبستگی بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، وزن سنبله، طول ریشک، طول بذر و طول پدانکل مثبت و معنی دار است.

این تحقیق به منظور مطالعه ارقام جو زراعی در شرایط نرمال رطوبتی و دیم به منظور تعیین روابط بین عملکرد دانه و سایر صفات زراعی، بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر ارقام جو در مرحله رویشی و زایشی از نظر صفات مورفولوژیکی و برخی صفات زراعی و ارزیابی تحمل ارقام جو موردنظر بر اساس شاخص های تحمل به خشکی اجرا شد.

مواد و روش ها

به منظور مطالعه تحمل به خشکی ده رقم جو، آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج در دو شرایط نرمال رطوبتی و دیم در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۴۵۰ متر و مختصات جغرافیایی در موقعیت ۱۴ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه طول شرقی از نصف النهار مبدأ قرار داشت. متوسط دما در بهار ۱۵/۲، در تابستان ۲۵/۲، در پاییز ۱۰/۴ و در زمستان ۱/۶ درجه سانتی گراد بود. بیشینه و کمینه دما در تیرماه و بهمن ماه ۴۴ و ۱۳/۵- درجه سانتی گراد بود. بر اساس مطالعات،

و پربازده بیان داشتند که آل های کنترل کننده عملکرد دانه در مناطق کم بازده و پر بازده تا حدودی متفاوت هستند؛ لذا به کارگیری ارقام جو انتخاب شده در محیط های پربازده با عکس العمل منفی و یا عدم بروز واکنش مثبت در محیط کم بازده مواجه می شود. بخشی و همکاران (Bakhshi Khaniki et al., 2007) در آزمایشی بیان داشتند که بر اساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب دو محیط تنش و بدون تنش، اختلاف معنی داری میان ارقام مورد مطالعه در مورد صفات مورد بررسی وجود داشت. اثر محیط برای صفت طول سنبله غیر معنی دار و برای بقیه صفات معنی دار بود که بیانگر تأثیر منفی روی صفات در اثر اعمال تنش در مرحله سنبله دهی بود. در این تحقیق کاهش فتوسنتز پس از گلدهی در اثر تنش خشکی، میزان ماده خشک تولید شده در دانه را مختل کرده، بر عملکرد نهایی دانه تأثیر منفی گذاشت.

به منظور بررسی میزان تحمل جو به تنش خشکی، ۱۲ ژنوتیپ اصلاح شده جو در منطقه نیمه گرمسیر گچساران در دو شرایط آبی و دیم مطالعه شدند. تجزیه همبستگی صفات نشان داد که عملکرد دانه در شرایط آبی با عملکرد دانه در شرایط دیم همبستگی مثبت و معنی داری دارد که بیانگر مفید بودن انجام گزینش برای عملکرد دانه در شرایط مساعد و تأثیر مثبت آن بر عملکرد دانه در شرایط تنش بود. نتایج این تجزیه نشان داد که در شرایط دیم هیچ یک از شاخص های سه گانه حساسیت به خشکی شامل تحمل، افت محصول دهی و شاخص حساسیت به تنش با عملکرد دانه همبستگی معنی داری ندارند، در حالی که شاخص های ارزیابی تحمل به خشکی شامل میانگین محصول دهی، تحمل به تنش، میانگین هندسی محصول دهی و میانگین هارمونیک، در هر دو شرایط آبی و دیم همبستگی معنی داری با عملکرد دانه داشت (Vaezi, Ahmadi Nikkha, 2010).

بررسی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی جو تحت شرایط نرمال رطوبتی و دیم

لولر انجام شد. کنترل علف‌های هرز با دست انجام گرفت. صفات مورد مطالعه شامل: عملکرد دانه در متر-مربع، روز تا سنبله‌دهی، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله اصلی، وزن بوته و وزن سنبله بود. شاخص‌های تحمل به خشکی با استفاده از فرمول‌های ۱ تا ۶ محاسبه گردید.

Y_p : عملکرد دانه در شرایط نرمال آبیاری

Y_s : عملکرد دانه در شرایط دیم

$$SSI = \frac{1 - Y_s/Y_p}{1 - \bar{Y}_s/\bar{Y}_p}$$

Stress Intensity = $1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}$ (Fischer and Maurer, 1978) [1]

TOL = $Y_p - Y_s$ (Hossain *et al.*, 1990) [2]

GMP = $(Y_p - Y_s)^{0.5}$ (Fernandez, 1992) [3]

STI = $(Y_s + Y_p) / (\bar{Y}_p)^2$ (Fernandez, 1992) [4]

MP = $(Y_s + Y_p) / 2$ (Hossain *et al.*, 1990) [5]

HM = $2(Y_p \times Y_s) / (Y_p + Y_s)$ (Schneider *et al.*, 1997) [6]

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین محیط‌ها از نظر تمام صفات مورد-بررسی به جز طول سنبله، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله و وزن سنبله بود. اختلاف معنی‌دار بین مکان‌ها نشان‌دهنده تفاوت ارقام از یک محیط به محیط دیگر است. اثر رقم بر روی تمام صفات به جز تعداد پنجه بارور و طول پدانکل معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم × محیط برای هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نبود که نشان می‌دهد تغییرات ارقام از یک محیط به محیط دیگر همسو بوده است، به عبارتی ارقام در دو محیط واکنش یکسانی داشته‌اند. کمترین و بیشترین درصد ضریب تغییرات به ترتیب برای صفات روز تا رسیدن فیزیولوژیک و وزن بوته به دست آمد (جدول ۱).

این منطقه دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک بوده و در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده است. بارندگی سالیانه به طور متوسط ۴۹۷/۳ میلی‌متر است.

ارقام مورد بررسی شامل: والفجر، نصرت،

ماکویی، کویر، گرگان ۴، زرجو، نیمروز، ریحان، گرگان و استرین بود. طرح مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به طول دو متر و فاصله ردیف‌ها از هم ۳۰ سانتی‌متر بود. قبل از کاشت عملیات شخم، دیسک و

آزمون نرمال بودن داده‌ها بر روی مقادیر باقیمانده^۱ با استفاده از نرم افزار Minitab_{ver17} انجام شد. پس از حصول اطمینان از صادق بودن فرضیات تجزیه واریانس، تجزیه واریانس مرکب با نرم افزار SAS_{9.4}، تجزیه به عامل‌ها و تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام با نرم افزار SPSS_{ver23}، تجزیه علیت و محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی برای ارزیابی تحمل ارقام در برابر تنش خشکی با استفاده از نرم افزار Excelstat صورت گرفت. برای ترسیم بای پلات از نرم افزار Statistica استفاده شد.

نتایج و بحث

^۱ . Residual

جدول ۱- میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی ارقام جو در شرایط عدم تنش و دیم

Table 1. Mean squares of combined analysis of variance of studied traits of barley cultivars under non-stress and rainfed conditions

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	روز تا سنبله دهی	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	تعداد پنجه بارور	ارتفاع بوته
SoV	df	GY	DS	DF	DPHM	No.FT	PH
محیط (Environment)	1	3913.62**	86.72*	166.66*	331.35**	122.35**	2774.13**
بلوک (Block)	4	37.41	13.41	9.41	2.33	1.62	114.07
تیمار (Treatment)	9	714.51**	33.58*	98.0**	36.26*	6.76 ^{ns}	174.59**
تیمار × محیط	9	136.09 ^{ns}	10.87 ^{ns}	4.59 ^{ns}	8.23 ^{ns}	2.65 ^{ns}	35.30 ^{ns}
Treatment × nvironment							
خطا (Error)	36	122.41	15.10	4.08	10.98	4.80	56.88
درصد ضریب تغییرات	-	14.23	1.94	2.95	1.36	22.81	12.79
Coefficient of variation							

ادامه جدول ۱ (Continued Table 1)

منابع تغییر	طول پدانکل	طول سنبله	طول ریشک	تعداد دانه در سنبله اصلی	وزن بوته	وزن سنبله
SoV	PL	SL	AL	No.G/MS	PW	SW
محیط (Environment)	585.12*	1.25 ^{ns}	2.26 ^{ns}	81.66 ^{ns}	1631.46**	1.47 ^{ns}
بلوک (Block)	33.58	0.51	1.78	73.81	39.03	0.40
تیمار (Treatment)	8.79 ^{ns}	10.24**	24.11**	2079.63**	148.04*	4.44**
تیمار × محیط	10.11 ^{ns}	0.31 ^{ns}	1.50 ^{ns}	10.03 ^{ns}	45.96 ^{ns}	0.09 ^{ns}
Treatment × nvironment						
خطا (Error)	11.25	0.56	1.56	65.24	67.66	0.38
ضریب تغییرات %	15.88	10.10	8.68	16.01	29.56	24.10
Coefficient of variation %						

GY: Grain yield, DS: Day to spike, DF: Day to flowering, DPhM: Day to physiological maturity, No. FT: Number of fertile tillers, PH: Plant height, PL: Peduncle length, SL: Spike length, AL: Awn length, No. G/MS: Number of grain per main spike, PW: Plant weight, SW: Spike weight.

بررسی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی جو تحت شرایط نرمال رطوبتی و دیم

تجزیه به عامل‌ها:

تجزیه عامل‌ها در شرایط عدم تنش

تعداد ۱۳ صفت اندازه‌گیری شده به همراه عملکرد دانه با استفاده از تجزیه به عامل‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با در نظر گرفتن عامل‌هایی که مقادیر ویژه آن‌ها بیش از یک بود، سه عامل استخراج شد. این سه عامل در مجموع ۸۳ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نمودند. سهم هر کدام از این سه عامل به ترتیب ۴۲، ۲۴ و ۱۷ درصد بود.

عامل اول با صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله اصلی، وزن بوته و وزن سنبله همبستگی بالایی داشت و به همین دلیل به نام عامل

عملکرد دانه نام‌گذاری شد. عامل دوم با صفات روز تا سنبله دهی، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی و طول سنبله همبستگی بالایی داشت و این عامل به نام خصوصیات فنولوژیک نام‌گذاری شد. عامل سوم با صفات تعداد پنجه بارور و طول پدانکل همبستگی داشت و به نام عامل خصوصیات بوته نام‌گذاری شد (جدول ۲). رضایی کلو و همکاران (Rezaei Kalow *et al.*, 2012) در بررسی ۱۲ رقم جو تحت شرایط نرمال آبیاری با استفاده از تجزیه به عامل‌ها پنج عامل استخراج نمودند که در مجموع ۸۷/۹۲ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نمودند.

جدول ۲- مقادیر ویژه و ضرایب تجزیه به عامل‌ها در ارقام جو در محیط عدم تنش رطوبتی

Table 2. Eigenvalues and coefficients of factor analysis in barley cultivars in the absence of moisture stress

عامل‌ها (Factors)			
اول (First)	دوم (Second)	سوم (Third)	
5.05	2.93	2.04	مقادیر ویژه (eigenvalues)
0.42	0.24	0.17	سهم هر مؤلفه (Component Share)
0.42	0.66	0.83	سهم تجمعی (Cumulative share)
0.86	-0.06	0.15	عملکرد دانه (Grain Yield)
-0.26	0.89	-0.20	روز تا سنبله‌دهی (Day to spike)
0.18	0.78	0.53	روز تا گلدهی (Day to flowering)
0.31	0.67	-0.05	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (Day to physiological maturity)
-0.42	0.04	0.81	تعداد پنجه بارور (Number of fertile tillers)
0.82	0.35	0.20	ارتفاع بوته (Plant height)
0.31	-0.17	0.87	طول پدانکل (Peduncle length)
-0.09	0.87	-0.05	طول سنبله (Spike length)
-0.68	0.37	0.22	طول ریشک (Awn length)
0.93	0.08	-0.27	تعداد دانه در سنبله اصلی (No. of grain per main spike)
0.91	-0.04	0.34	وزن بوته (Plant weight)
0.98	0.04	-0.13	وزن سنبله (Spike weight)

تجزیه به عامل‌ها در شرایط دیم

در شرایط دیم چهار عامل استخراج شد که در مجموع ۸۸ درصد از واریانس داده‌ها را توضیح داد. عامل اول برای صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول سنبله دارای ضرایب بزرگی بود و به نام عامل خصوصیات فنولوژیک نام‌گذاری گردید. عامل دوم برای صفات عملکرد دانه و وزن بوته ضرایب بزرگ‌تری داشت که عامل عملکرد نام‌گرفت. عامل سوم برای صفات تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن سنبله ضرایب بزرگی داشت و به نام خصوصیات سنبله نام‌گذاری شد. عامل چهارم برای

طول پدانکل و طول ریشک ضرایب بزرگی داشت و به نام عامل ارتفاع نام‌گذاری شد (جدول ۳). روش‌های آماری چند متغیره مانند تجزیه به عامل‌ها جهت استخراج زیر-مجموعه‌ای از متغیرهای هم‌سان، شناخت مفاهیم اساسی داده‌های چند متغیره، شناخت ارتباطات بیولوژیک و کاربردهای موجود بین صفات، کاهش تعداد زیادی از صفات همبسته به تعداد کمی از عامل‌ها و تشریح همبستگی بین متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Xiao and Pei, 1991).

جدول ۳- مقادیر ویژه و ضرایب تجزیه به عامل‌ها در ارقام جو در محیط دیم

Table 3. Eigenvalues and coefficients of factor analysis in barley cultivars in rainfed environment

عامل‌ها (Factors)				
اول (First)	دوم (Second)	سوم (Third)	چهارم (Fourth)	
4.41	3.21	1.49	1.39	مقادیر ویژه (eigenvalues)
0.37	0.27	0.12	0.11	سهم هر مؤلفه (Component Share)
0.37	0.63	0.76	0.88	سهم تجمعی (Cumulative share)
-0.08	0.98	0.07	-0.06	عملکرد دانه (Grain Yield)
0.75	0.05	-0.16	0.19	روز تا سنبله‌دهی (Day to spike)
0.88	0.09	-0.08	-0.19	روز تا گلدهی (Day to flowering)
0.76	0.37	0.42	0.06	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (Day to physiological maturity)
0.11	0.17	-0.88	0.07	تعداد پنجه بارور (The number of fertile tillers)
0.32	0.36	0.64	0.09	ارتفاع بوته (Plant height)
-0.04	-0.03	-0.08	0.97	طول پدانکل (Peduncle length)
0.81	-0.15	0.22	0.37	طول سنبله (Spike length)
0.27	-0.04	-0.15	0.90	طول ریشک (Awn length)
-0.01	0.51	0.76	-0.35	تعداد دانه در سنبله اصلی (No. of grain per main spike)
0.33	0.92	0.14	0.03	وزن بوته (Plant weight)
0.001	0.59	0.72	-0.32	وزن سنبله (Spike weight)

بررسی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی جو تحت شرایط نرمال رطوبتی و دیم

پدانکل وارد مدل رگرسیونی شدند. این مدل بیش از ۹۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مدل به-دست آمده ضریب وزن بوته ۲/۲۴ و ضریب طول پدانکل ۱/۹۵- برآورد شد (جداول ۴ و ۵).

صابری و همکاران (Saber *et al.*, 2011) در بررسی رابطه بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو در شرایط نرمال از طریق تجزیه رگرسیون نشان دادند که سه صفت شاخص برداشت، ارتفاع بوته و طول پدانکل بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه دارند، طوریکه سهم معنی داری از تغییرات متغیر وابسته را به خود اختصاص دادند. در بررسی نامبرده مدل مذکور بیش از ۸۲ درصد از تغییرات داده‌ها را توضیح داد. بنابراین، می‌توان برای بهبود عملکرد دانه در جو از صفات ذکر شده به‌عنوان شاخص انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی و به‌منظور بهبود عملکرد دانه بهره جست.

کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2005) در مطالعه ارقام جو تحت شرایط نرمال نشان دادند که بر اساس تجزیه رگرسیون چند متغیره صفات بیوماس، عملکرد کاه و کلش، شاخص برداشت، متوسط تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و تعداد روز تا گلدهی بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه دارند.

پیوری و همکاران (Puri *et al.*, 1982) با انجام رگرسیون گام‌به‌گام در جو گزارش نمودند که به ترتیب صفات وزن دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله بیشترین رابطه را با عملکرد دانه دارند.

میلومیرکا و همکاران (Milomirka *et al.*, 2005) صفت عملکرد بیولوژیک را مؤثرترین صفت روی عملکرد دانه معرفی نمودند.

صابری و همکاران (Saber *et al.*, 2011) در مطالعه ارقام جو از طریق تجزیه به عامل‌ها در کرج پنج عامل استخراج نمودند که بیش از ۸۹ درصد از واریانس داده‌ها را توضیح می‌داد. در این بررسی عامل اول که ۳۲/۸ درصد از تغییرات داده را توجیه نمود دارای ضرایب بزرگ برای عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه بود که به‌عنوان عوامل مؤثر بر عملکرد نام‌گذاری شد. عامل دوم که ۲۲/۵۱ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود دارای ضرایب بزرگ برای وزن سنبله، طول ریشک، قطر بذر و روز تا رسیدن فیزیولوژیک بود. عامل سوم که ۱۴/۶۹ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد دارای ضرایب بزرگ برای طول سنبله، قطر ساقه، طول پدانکل و روز تا سنبله‌دهی بود. عامل چهارم که ۱۱/۳۷ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود دارای ضرایب بزرگ برای طول پدانکل، طول ریشک و ارتفاع بوته بود. عامل پنجم نیز برای صفات طول بذر، ارتفاع بوته و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ضرایب بزرگی داشت.

رضایی کلو و همکاران (Rezaei Kalow *et al.*, 2012) با استفاده از تجزیه به عامل‌ها برای ارقام جو تحت شرایط تنش خشکی ۶ عامل را مشخص نمودند که ۹۲/۱۱ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نمودند.

نتایج رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط نرمال:

برای حذف اثر صفات غیر مؤثر یا کم اثر در مدل رگرسیون، روی صفت عملکرد دانه در دو محیط نرمال رطوبتی و تنش از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. معنی دار بودن اثر رگرسیون بیانگر وجود رابطه معنی دار بین عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات مورد مطالعه بعنوان متغیر مستقل در این تحقیق است. در شرایط عدم تنش رطوبتی به ترتیب صفات وزن بوته و طول

جدول ۴- تجزیه واریانس رگرسیون صفت عملکرد دانه در جو و سایر صفات در شرایط عدم تنش رطوبتی

Table 4. Regression analysis of variance of grain yield trait in barley and other traits under no moisture stress conditions

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
(SoV)	df	Sum of Squares	Mean of Squares
رگرسیون (Regression)	2	1784.99	892.49**
خطا (Error)	7	169.58	24.22
کل (Total)	9	1954.58	

جدول ۵- نتیجه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه در مقابل سایر صفات در شرایط عدم تنش رطوبتی

Table 5. Results of stepwise regression of grain yield against other traits in the absence of moisture stress

صفات وارد شده	ضریب رگرسیون	خطای استاندارد	Partial R-square	Model R-square
Entered traits	Coefficien of Regression	Standard error		
وزن بوته (Plant weight)	2.24	0.28	0.87	0.87
طول پدانکل (Pedal length)	-1.95	1.03	0.04	0.91
عرض از مبدأ (Width of origin)	33.61	22.24		

رگرسیون گام به گام در محیط دیم:

در شرایط دیم صفات وزن بوته، طول سنبله، روز تا گلدهی و روز تا سنبله دهی وارد مدل رگرسیونی شدند. اثر رگرسیون در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. این مدل در مجموع ۹۸ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نمود. سهم هر کدام از صفات فوق به ترتیب ۷۴، ۱۷، ۳ و ۲ درصد بود. در مدل به دست آمده ضرایب این صفات به ترتیب ۲/۴۳، -۳/۰۵، -۰/۷۶ و ۰/۶۳ بود. بنابراین رابطه وزن بوته و روز تا سنبله دهی با عملکرد دانه مثبت و رابطه طول سنبله و روز تا گلدهی بر اساس این مدل منفی بود (جدول ۶ و ۷). بر اساس نتایج صابری و

همکاران (Saberi *et al.*, 2011) در شرایط تنش رطوبتی در ارقام جو دو صفت شاخص برداشت و وزن سنبله وارد مدل رگرسیونی شدند که نشان دهنده اهمیت این دو صفت روی عملکرد دانه است. کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2005) بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام صفات متوسط تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، بیوماس، عملکرد کاه و کلش و شاخص برداشت را صفات مهم در ارتباط با عملکرد دانه جو در شرایط دیم معرفی نمودند.

بررسی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی جو تحت شرایط نرمال رطوبتی و دیم

جدول ۶- تجزیه واریانس رگرسیون صفت عملکرد دانه در جو و سایر صفات در شرایط دیم

Table 6. Regression analysis of variance of grain yield in barley and other traits in rainfed conditions

منابع تغییر (SoV)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (Sum of Squares)	میانگین مربعات (Mean of Squares)
رگرسیون	4	788.82	197.20**
خطا	5	18.22	3.64
کل	9	807.05	
Total			

جدول ۷- نتیجه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه سه بوته در مقابل سایر صفات در محیط دیم

Table 7. Results of stepwise regression of grain yield versus other traits in rainfed environment

صفات وارد شده (Entered traits)	ضریب رگرسیون (Coefficient of Regression)	خطای استاندارد (Standard error)	Partial R-square	Model R-square
وزن بوته (Plant weight)	2.43	0.17	0.74	0.74
طول سنبله (Spike length)	-3.05	0.65	0.17	0.92
روز تا گلدهی (Day to flowering)	-0.67	0.21	0.03	0.95
روز تا سنبله‌دهی (Day to spike)	0.63	0.28	0.02	0.98
عرض از مبدأ (Width of origin)	30.43	60.40		

شاخص تحمل به خشکی (STI) نیز نشان‌دهنده تحمل بیشتر رقم به خشکی است. نتایج حاصل از این شاخص‌ها مطابقت خوبی با هم داشتند. بر اساس نتایج مربوط به این سه شاخص ارقام نصرت، والفجر و زرجو از تحمل بیشتری برخوردار بودند.

مقادیر پائین شاخص حساسیت به خشکی (SSI) مانند شاخص TOL دلالت بر متحمل بودن رقم دارد. نتایج مربوط به این شاخص نشان می‌دهد که ارقام گرگان ۴، کویر، نیمروز، زرجو و استرین نسبت به سایر ارقام از تحمل بیشتری برخوردارند (جدول ۸). صابری و همکاران

بررسی میزان تحمل نسبی به تنش خشکی با

استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی :

شاخص تحمل (TOL) بیانگر تفاوت بین عملکرد در دو شرایط است و هر چه مقدار آن کمتر باشد تحمل بیشتر رقم را نشان می‌دهد. بر این اساس، ارقام گرگان ۴، کویر، نیمروز، زرجو و استرین متحمل‌تر از سایر ارقام بودند. شاخص بهره‌وری متوسط (MP) هر چه بیشتر باشد مطلوب‌تر است. بر این اساس ارقام ریحان، نصرت، والفجر و زرجو متحمل‌ترین ارقام بودند. مقادیر بالای شاخص‌های میانگین هارمونیک (HM)، میانگین هندسی (GMP) و

مؤلفه اصلی اول صورت گرفت. در این بررسی با توجه به جدول (۱۰) اولین مؤلفه ۹۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمود و همبستگی بالایی با شاخص‌های MP، GMP، STI و HM نشان داد. از آنجایی که مقادیر بالای این شاخص‌ها مطلوب است، بنابراین مقادیر بالای این مؤلفه مفید و مناسب است. از طرف دیگر مؤلفه دوم که ۷ درصد از تغییرات موجود را به خود اختصاص داد، دارای همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های SSI و TOL بود. از این رو این مؤلفه، مؤلفه حساسیت به تنش نامیده شد. با توجه به اینکه مقادیر پایین این شاخص‌ها مناسب است اگر میزان پائین این مؤلفه انتخاب شود، ژنوتیپ‌های متحمل به تنش انتخاب خواهند شد. با توجه به این نکات قسمت مطلوب بای پلات (شکل ۱) ناحیه سمت راست و پایین (مقادیر زیاد مؤلفه اول و مقادیر کمتر مؤلفه دوم) خواهد بود که ارقام نصرت، گرگان، زرگو و کویر در این ناحیه قرار گرفتند. بنابراین ارقام نصرت، گرگان، زرگو و کویر به عنوان متحمل‌ترین ارقام جو نسبت به تنش خشکی شناسایی شدند. صابری و همکاران (Saber et al., 2010) نیز در بررسی ارقام جو با استفاده از نمودار بای پلات ارقام نصرت و گرگان را ارقام مناسبی از نظر تحمل به خشکی معرفی نمود.

واعظی و احمدی خواه (Vaezi and Ahmadi, 2010) در بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام جو گزارش نمودند که هیچ‌یک از شاخص‌های حساسیت به خشکی با عملکرد دانه در شرایط دیم همبستگی معنی‌داری ندارند، این در حالی است که شاخص‌های تحمل به خشکی در هر دو شرایط آبی و دیم با عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار داشتند. بنابراین بر اساس نظر این محققین استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی برای ارزیابی مقدار تحمل به خشکی در برنامه‌های اصلاحی می‌تواند مفید باشد.

(Saber et al., 2010) نیز با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی ارقام نصرت، والفجر و زرگو را ارقام متحمل معرفی نمودند.

نتایج حاصل از بررسی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی در جدول ۹ ارائه شده است. به‌طور کلی شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشند به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند چرا که این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند (Fernandes, 1992). بر این اساس ملاحظه می‌شود که شاخص‌های MP، GMP، STI و HM با عملکرد دانه ارقام در هر دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ دارند. بنابراین شاخص‌های فوق به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های تحمل به خشکی در جو شناخته می‌شوند و ارقامی که میزان بالایی از این شاخص‌ها را دارا باشند به‌عنوان متحمل‌ترین ارقام به خشکی معرفی می‌گردند.

تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش رطوبتی با استفاده از ترسیم بای پلات:

با توجه به این که در مورد واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی شاخص‌های متعددی ارائه شده است و نتایج حاصل از هر کدام از این شاخص‌ها با شاخص‌های دیگر متفاوت است؛ از طرفی نمی‌توان به‌صورت هم‌زمان کلیه این متغیرها را برای یک ژنوتیپ نشان داد، روش مناسب‌تر استفاده از نمایش گرافیکی بای پلات در یک نمودار دو-بعدی است. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه‌های موردنظر محاسبه شد. از آنجایی که دو مؤلفه اصلی اول و دوم بیش از ۹۹ درصد تغییرات موجود در متغیرها را در بر می‌گیرند می‌توان از سایر مؤلفه‌های اصلی که اهمیت چندانی ندارند چشم‌پوشی نمود. به همین جهت ترسیم بای پلات بر اساس دو

بررسی عملکرد دانه و برخی صفات زراعی جو تحت شرایط نرمال رطوبتی و دیم

جدول ۸- نتایج شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ارقام جو مورد بررسی برای عملکرد دانه

Table 8. Results of drought tolerance indices in studied barley cultivars for grain yield

Treats Genotypes	عملکرد در	عملکرد در	شاخص	میانگین	میانگین	میانگین	شاخص حساسیت	شاخص تحمل به
	شرایط نرمال	شرایط استرس	تحمل	حسابی	هارمونیک	هندسی	به خشکی	خشکی
	Yp	Ys	TOL	MP	HM	GMP	SSI	STI
گرگان ۴ (Gorgan4)	210.21	186.30	23.91	198.25	197.53	197.89	0.15	1092.93
ریحان (Rihane)	414.53	233.70	180.83	324.11	298.89	311.25	0.58	2703.59
کویر (Kavir)	320.36	302.20	18.16	311.28	311.01	311.15	0.07	2701.84
نصرت (Nosrat)	534.22	352.40	181.82	443.31	424.67	433.89	0.45	5253.91
نیمروز (Nimruz)	247.50	217.21	30.29	232.35	231.37	231.86	0.16	1500.31
والفجر (Valfajr)	410.30	274.36	135.94	342.33	328.83	335.51	0.44	3141.59
ماکونی (Makuyi)	350.74	177.28	173.46	264.01	235.52	249.35	0.66	1735.29
زرچو (Zarjo)	410.23	345.63	64.60	377.93	375.17	376.54	0.21	3956.99
گرگان (Gorgan)	370.20	235.36	134.84	302.78	287.77	295.18	0.48	2431.62
استرین (Strin)	289.40	227.30	62.10	258.35	254.62	256.48	0.29	1835.79

جدول ۹- نتایج ضریب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط نرمال رطوبتی و دیم با شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 9. Results of correlation coefficient between grain yield under normal moisture and rainfed conditions with drought tolerance indices

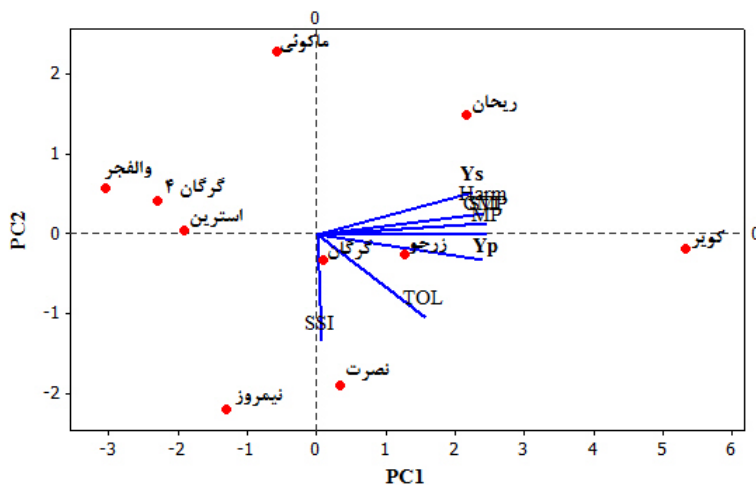
Traits Indices	عملکرد	عملکرد	شاخص	میانگین	میانگین	میانگین	شاخص حساسیت به
	نرمال	استرس	تحمل	حسابی	هارمونیک	هندسی	خشکی
	Yp	Ys	TOL	MP	HM	GMP	SSI
Ys	0.79**						
TOL	0.80**	0.27 ^{ns}					
MP	0.96**	0.92**	0.64*				
HM	0.90**	0.98**	0.47 ^{ns}	0.98**			
GMP	0.94**	0.95**	0.55 ^{ns}	0.99**	0.99**		
SSI	0.26 ^{ns}	-0.36 ^{ns}	0.77**	0.02 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	
STI	0.92**	-0.93**	0.54 ^{ns}	0.98**	0.98**	0.98**	0.07 ^{ns}

جدول ۱۰- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه برای شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ۱۰ رقم جو مورد-

بررسی

Table 10. Eigenvalues and eigenvectors for drought tolerance indices in 10 studied barley cultivars

	مؤلفه اول Component I	مؤلفه دوم Component II	مؤلفه سوم Component III
Eigenvalues	1073.64	87.9	8.14
Variance%	0.92	0.07	0.01
Cumulative share	0.92	0.992	0.999
Yp	0.43	0.41	0.26
Ys	0.26	-0.36	0.33
MP	0.34	0.02	0.29
GMP	0.33	-0.10	0.28
TOL	0.17	0.77	-0.07
STI	0.62	-0.20	-0.76
SSI	0.00	0.02	-0.01
HM	0.32	-0.20	0.26



شکل ۱- نمودار بای پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی مقادیر شاخص‌های انتخاب برای ارقام جو مورد بررسی
Figure 1. Biplot diagram obtained by principal component analysis on the values of selection indices for the studied barley cultivars

References

فهرست منابع

- Bakhshi Khaniki, Gh., Fattahi, F., and Yazdchi, S. 2007.** Drought effects of morphologic traits of 10 barley varieties in Osko area, Eastern Azarbaijan province. *Pajouhesh & Sazandegi*, No 74 pp: 108-114.
- Ceccarelli, S., Grando, S., and Hamblin, J. 1992.** Relationship between barley grain yield measured in low and high-yielding environments. *Euphtica*, 64:49-58.
- Egilla, J. N., Davies, F. T., and Boutton, T. W. 2005.** Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosasinensis* at three potassium concentrations. *Photosynth*, 43: 135-140.
- Ehdaei, B. 1993.** Selection for drought tolerance in wheat. First agronomy and plant breeding congress. Karaj, pp: 43-60.
- FAO. 2018. *FAO Statistical Pocketbook*.
- Fernández, G.C.J. (1992).** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress"*, Taiwan, 13-16 August 1992, 257-270.
- Fischer, R., and Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Crop and Pasture Science*, 29: 897-912.
- Guo, P. G., Baum, M., Li, R. H., Grando, S., Varshney, R. K., Valkoun, J., Ceccarelli, S., and Graner, A. 2007.** Differentially expressed genes between two barley cultivars contrasting in drought tolerance. *Mol. Plant Breed*, 5: 2. 181-183.
- Hayes, P. M., and Iyamb, O. 1994.** Summary of QTL Effects in the Steptoe Morex Population. *Barly Gent News*, 123: 98-133.
- Hossain, A., Sears, R., Cox, T.S., and Paulsen, G. 1990.** Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Science*, 30: 622-627.
- Karami, E., and Rokhzadi, A. 2013.** An Identification of Drought Tolerant Genotypes in Wheat using Analysis of Drought Resistance Indices. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, No 96 pp: 92-102.
- Karami, E., Ghanadha, M. R., Naghavi, M. R., Mardi, M. 2005.** Investigation of drought resistant in barley. *Iranian, Journal of Agricultural Science*, 36(1): 547-560.
- Milomirka madic, A., Paunovic, A., and Knezevic, D. 2005.** Correlation and path coefficient analysis for yield and yield componets in winter barley. *Acta Agric. Serbica*, 20: 3-9.
- Puri, P. Y., Quaiset, C. O., and Williams, V. A. 1982.** Evaluation of yield component as selection criteria in barley Breeding. *Crop Sci*, 22: 927-931.
- Qurshi, Z. A., and Neibling, H. 2008.** Response of two-row malting spring barley to water cutoff under sprinkler irrigation. *Agricultural water management*, 96: 141-148.
- Rezaei Kalow, S., Khodarahmi, M., Mostafavi, K. 2012.** Study of traits in different barley types using factor analysis under terminal drought stress and without stress conditions. *Journal of agronomy and plant breeding*, 8(3): 149-160.
- Saberi, S., Mostafavi, K., Peyghambari, S. A. 2010.** Study of barley cultivar response to drought stress using drought stress tolerance indices. The 2nd water crisis national conferences in agriculture and natural resources, Islamic Azad Universit, Shahre Rey branch, 30 Dec.
- Saberi, S., Mostafavi, K., Peyghambari, S. A. 2011.** Genetic variation study of quantitative and morphological traits in barley under normal and drought stress conditions. The 5th National Conference on New Ideas in Agriculture, Islami Azad University, Khurasgan Branch, 16-17 february.
- Samarah, N. H. 2005.** Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agron. Sustain.*

Dev, 25: 145-149.

- Saxena, N. P. 1987.** Screening for adaptation to drought: Case studies with chickpea and pigeonpea. In: Consultants' Workshop: Adaptation of Chickpea and Pigeonpea to Abiotic Stresses, 19-21 Dec, ICRISAT, India.
- Schneider, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J.A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 1997.** Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*, 37: 43-50.
- SeyedAghamiri, S. M. M., Mostafavi, K., Mohammadi, A. 2012.** Investigation of the Relationship between Grain Yield and Yield components in Barley Varieties and New Hybrids Using Multivariate Statistical Methods. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(2). pp. 421-427.
- Shao, H. B., Liang, Z. S., and Shao, M. A. 2005.** Changes of some anti-oxidative enzymes under soil water deficits among 10 wheat genotypes at maturation stage. *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, 45: 7-13.
- Vaezi, B., Ahmadi Nikkhah, A. 2010.** Evaluation of drought tolerance of twelve improved barley genotypes in dry and warm condition. *Journal of Plant Production*, 17(1): 23-44.
- Winter, G., Griffiths, A. D., Hawkins, R. E., and Hoogenboom, H. R. 1994.** Making antibodies by phage display technology. *Annu. Rev. Immunol*, 12: 433-455.
- Xiao, H., and Pei, M. 1991.** Applying factor analysis method to study winter wheat quantity characteres and varieties classification. *Acta Agric. Univer. Pekinen Sci*, 17: 17-24.

Investigation of grain yield and some agronomic traits in barley under the normal and rain-fed condition**K. Mostafavi¹, E. Karami², S. Azizi³**

Received date: 18 October 2020

Accepted date: 11 Murch 2021

Abstract

In order to study drought tolerance in barley, two separate experiments were conducted in the form of a randomized complete block design with three replications under normal humidity and rainfed conditions in the research farm of Islamic Azad University, Sanandaj branch in the 2013-2014 crop year. Traits: Grain yield per unit area, day to spike, day to flowering, day to physiological maturity, number of fertile tillers, plant height, peduncle length, spike length, awn length, number of Grains per main spike, plant weight and spike weight were evaluated. The results of analysis of variance under normal and stress conditions indicated a significant difference between cultivars in terms of most of the studied traits. In normal conditions, harvest index and peduncle length and in stress conditions, harvest index and 1000-grain weight showed a positive and significant correlation with grain yield. Stepwise regression analysis showed that under normal moisture conditions, plant weight and peduncle length, and in dryland conditions, plant weight, spike length, day to flowering and day to spike are the most influential traits on grain yield in barley, respectively. Drought tolerance indices of MP, GMP, STI and HM were identified as efficient indices in detecting drought tolerant genotypes with high grain yield potential due to positive and significant correlations with Yp and Ys in barley. Kavir and Zarjoo cultivars with high values of MP, GMP, STI, HM, Yp and Ys indices were recognized as the most drought tolerant cultivars.

Keywords: Correlation, Drought stress, Grain yield, Selection Indices, Tolerance indices.

1 - Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

2 - Department of Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

3 - Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

*Corresponding author: ezzatut81@yahoo.com