University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

*Vol. 15, No. 4, pp. 1161-1167 (Winter 2023)*

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4180.1983

*Short paper*

# Evaluation of drought stress indices in chitti bean genotypes

**B. Asadi, S.M. Seyedi***

*Crop and Horticultural Science Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Research and Education Center (AREEO), Arak, Iran*

Received 1 March 2021; Accepted 26 April 2021

## *Extended abstract*

### Introduction

Drought stress due to water deficit is a serious problem in agriculture, and it is one of the most important factors contributing to crop yield loss such as bean. The diversity of the genetic traits material is the basis of any breeding program and the existence of maximum variation is the greatest chance for success in the selection. Drought stress is known as an effective factor in reducing production in crops, that, in this regard, one of the ways to overcome unfavorable environmental conditions is identifying and spreading cultivars compatible with stress. Regarding the importance of bean genetic resources for use in breeding programs of this crop, this experiment was conducted to investigate yield of some of bean genotypes in normal and stress condition.

### Materials and methods

In order to evaluation of genotypes of chitti bean based on tolerance and susceptibility indices, experiments were conducted in two environments without stress and drought stress in 2017 at research farm of Bean Research and education, Khomein. 24 genotypes of chitti beans along with Ghaffar cultivar as control (25 genotypes in total) were compared in Latis design with two replications. Genotypes seeds were sown on four lines with 3 m long. Irrigation was carried out under optimal and stress conditions after 50-60 and 100-110 mm evaporation from the surface of Class A evaporation pan, respectively. Evaluated traits included days number to flowering, days number to maturity, number of pods per plant, number of seeds per pod, 100-seed weight and grain yield. Some tolerance indices were calculated to evaluate the sensitive and tolerance of genotypes. Data variance analysis and statistical calculations were done by SAS statistical software.

### Results and discussion

Drought stress reduced evaluated properties, significantly. Among the genotypes of chitti beans in optimal irrigation and drought stress conditions, KS21578 genotype had the highest grain yield with 2668.1 and 1581.5 kg $ha^{-1}$, respectively. The lowest grain yield were achieved at KS21585 genotype and KS21591 genotype in optimal irrigation and drought stress conditions, respectively. Due to drought stress, grain yield of chitti bean genotypes decreased by 49.1%. Between stress tolerance indices the highest mean productivity index, geometric mean productivity index and stress tolerance index belonged to KS21578 genotype. The highest tolerance index was observed in Ghaffar cultivar (control). Also, the lowest stress susceptibility index was obtained in KS21585 genotype. The lowest mean

* Correspondent author: Seyed Mohsen Seyedi; E-Mail: m.seyedi98@areeo.ac.ir

© 2022, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

productivity index belonged to KS21584 and the lowest geometric mean productivity index, tolerance index and stress tolerance index belonged to KS21591 genotype.

**Conclusion**

According to the results of this study, KS21578 genotype had the highest grain yield under normal irrigation and drought stress conditions and the highest mean productivity index, geometric mean productivity index and stress tolerance index. Also, the lowest stress susceptibility index was obtained in KS21585 genotype. Based on chitti bean grain yield under normal irrigation and drought stress conditions and evaluation of stress tolerance indices as well as two-way diagram of geometric mean production indices and stress susceptibility index and considering maturity period, plant form and grain marketing 8 chitti bean genotypes were selected for testing.

***Keywords*:** Grain yield, Legumes, Stress susceptibility

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4180.1983

*مقاله کوتاه*

# ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش خشکی در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

**بهروز اسدی، سیدمحسن سیدی***

بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک

**مشخصات مقاله**

*واژه‌های کلیدی:*
حبوبات
حساسیت به تنش
عملکرد دانه

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۲/۰۶

تاریخ انتشار:
زمستان ۱۴۰۱

۱۵(۴): ۱۱۶۱-۱۱۶۷

**چکیده**

**به‌منظور ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش خشکی در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی، آزمایشی در دو محیط بدون‌تنش و تنش خشکی در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین اجرا گردید. ۲۴ ژنوتیپ لوبیاچیتی به همراه رقم شاهد غفار (درمجموع ۲۵ ژنوتیپ) در قالب طرح لاتیس با دو تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. میان ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی، ژنوتیپ KS21578 به ترتیب با ۲۶۶۸/۱ و ۱۵۸۱/۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بود. کمترین عملکرد دانه در ژنوتیپ KS21585 و ژنوتیپ KS21591 به ترتیب در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی به دست آمد. در اثر تنش خشکی، عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی کاهش نشان داده است. در بین شاخص‌های تحمل تنش، بیشترین مقدار شاخص‌های تحمل به تنش، بهره‌وری متوسط و نیز شاخص میانگین هندسی بهره‌وری به ژنوتیپ KS21578 تعلق گرفت. بیشترین مقدار شاخص تحمل در رقم غفار (شاهد) مشاهده شد. کمترین مقدار شاخص حساسیت به تنش در ژنوتیپ KS21585 به دست آمد. بر اساس عملکرد دانه لوبیا در دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی و ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش و نیز نمودار دوطرفه شاخص‌های میانگین هندسی تولید و شاخص حساسیت به تنش درمجموع چند ژنوتیپ لوبیاچیتی جهت آزمایش گزینش گردیدند.**

## مقدمه

حبوبات، دانه‌های خشک می‌باشند که به خانواده پروانه‌آسا تعلق دارند و از مهم‌ترین منابع غذایی سرشار از پروتئین هستند. قرار گرفتن این گیاهان در تناوب زراعی با سایر محصولات به دلیل تثبیت بیولوژیک نیتروژنی که این گیاهان دارند موردتوجه است (Majnoun Hosseini, 2008). لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گیاهی یک‌ساله و خودگشن با ۲۲ کروموزوم است که به‌عنوان یک غذای اصلی و تأمین‌کننده بخشی از پروتئین موردنیاز در جیره غذایی انسان‌ها به شمار می‌رود (Majnoun Hosseini, 2008).

با نگرش به این واقعیت که محدودیت منابع آبی موردنیاز کشاورزی در ایران وجود دارد، ارائه روش‌های کارا در کاهش آثار منفی خشکی بر عملکرد گیاهان زراعی از اهداف مهم مطالعات به‌زراعی و به‌نژادی است. درواقع با توجه به اینکه قسمت مهمی از کشور ایران در ناحیه‌های خشک و نیمه خشک واقع شده است و اهمیت این موضوع که مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاهان آب است، بررسی تحمل به تنش خشکی در گیاهان زراعی دارای اهمیت ویژه‌ای است. با بررسی ارقام مختلف گیاهان زراعی که در شرایط کم‌آبی قادر به تولید عملکرد نسبتاً مناسب باشند، می‌توان با اطمینان بیشتری آن‌ها را در ناحیه‌های خشک و نیمه‌خشک کشت نمود.

گیاه لوبیا به شرایط آب‌وخاک بسیار حساس بوده و عملکرد زیستی و اقتصادی آن حتی در دوره‌های کوتاه‌مدت تنش کاهش می‌یابد (Majnoun Hosseini, 2008). با توجه به ارزش غذایی لوبیا در تغذیه انسان و همچنین ارزآوری آن از طریق صادرات، لزوم شناسایی و معرفی ارقامی با عملکرد

* نگارنده پاسخگو: سیدمحسن سیدی. پست الکترونیک: m.seyedi98@areeo.ac.ir

دانه بالا، بازارپسندی مطلوب، مقاوم به بیماری‌ها، زودرس و متحمل به تنش خشکی، فرم بوته مناسب جهت برداشت مکانیزه از طریق اجرای پروژه‌های به‌نژادی و به‌زراعی حائز اهمیت است. با استفاده از ارقام زودرس و متحمل به خشکی که قادرند دوره‌های طولانی‌تر کمبود آب را تحمل نمایند، می توان در مصرف آب صرفه‌جویی نمود و عملکرد قابل قبولی را به دست آورد. در مطالعه‌ای که اسدی و آسترکی (Asadi and Asteraki, 2015) روی واکنش لاین‌های لوبیاچیتی به تنش خشکی بر اساس شاخص‌های تحمل انجام دادند این پژوهشگران اظهار داشتند تنش خشکی منجر به کاهش صفات موردبررسی شد و بیشترین تأثیر تنش خشکی بر صفت تعداد دانه در بوته بود. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که بهترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام و لاین‌های متحمل، شاخص‌های بهره‌وری متوسط، میانگین هندسی بهره‌وری متوسط و تحمل به تنش بودند. همچنین اعلام شد که عملکرد دانه مبتنی بر تفاوت‌های ژنوتیپی برای مقاومت به خشکی در لوبیا گزارش شده است (Asadi et al., 2013). در مطالعه دیگر تنش خشکی به‌طور متوسط منجر به کاهش عملکرد به میزان حدود ۴۱ درصد در عملکرد دانه لوبیاچیتی شد. در این پژوهش بهترین شاخص‌ها برای گزینش لاین‌های متحمل لوبیا، شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل به تنش (STI) بودند (Asadi et al., 2011). این پژوهش با هدف شناسایی لاین‌های متحمل و حساس لوبیاچیتی به تنش خشکی بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت در مزرعه تحقیقاتی پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه عملکرد و ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی آزمایشی در دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی در سال ۱۳۹۶ در پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین اجرا شد. تعداد ۲۴ ژنوتیپ لوبیاچیتی به همراه رقم غفار، جمعاً ۲۵ تیمار آزمایشی در قالب طرح لاتیس با دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. بعد از شخم عمیق پاییزه، محل اجرای آزمایش در فصل بهار شخم سطحی و دیسک زده‌شده و سپس مسطح گردید. بر اساس آزمون خاک عناصر غذایی به زمین اضافه گشت. همچنین، قبل از کاشت از علف‌کش پیش‌کاشت تریفلورالین به میزان یک و نیم لیتر در هکتار استفاده شد. بعد از ایجاد جوی و پشته‌ها که فاصله ۵۰ سانتی‌متری از یکدیگر داشتند، نقشه آزمایشی موردنظر بر روی زمین پیاده شد. بذور هر یک از ژنوتیپ‌ها بر روی ۴ خط به طول ۳ متر کشت شد. فاصله بوته‌های لوبیا روی هر ردیف با همدیگر پنج سانتی‌متر بود. بین هر کرت آزمایشی (تیمار) یک خط نکاشت در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت در هفته سوم خردادماه انجام شد و سپس اقدام به کشیدن نوارهای آبیاری گردید. آبیاری تا استقرار کامل گیاهچه‌ها (مرحله سه برگچه اول) به‌صورت معمول برای تمام تیمارها در هر دو شرایط اجرای آزمایش به‌صورت یکسان انجام شد. پس از استقرار کامل گیاهچه اعمال تنش خشکی آغاز و تا پایان مرحله رسیدگی آبیاری در شرایط تنش خشکی بر اساس ۱۰۰ تا ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A و در شرایط نرمال بر اساس ۵۰ تا ۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر صورت گرفت. عملکرد هر کرت آزمایشی نیز پس از برداشت و خرمن‌کوبی توزین گردید.

معیارهای مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس نمودشان در محیط‌های واجد یا فاقد تنش پیشنهاد شده است. با استفاده از عملکرد رقم و ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی، شاخص‌های تحمل مطابق جدول ۱ محاسبه شدند.

## نتایج و بحث

با توجه به میزان عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط آبیاری، شاخص‌های تحمل محاسبه و نتایج در جدول ۲ آورده شده است. ژنوتیپ KS21578 در هر دو شرایط آبیاری معمول و تنش-خشکی دارای بیشترین مقدار عملکرد دانه بود. کمترین میزان عملکرد در شرایط آبیاری معمول از ژنوتیپ KS21585 و در شرایط تنش خشکی از ژنوتیپ KS21591 به دست آمد. ازنظر شاخص میانگین هندسی تولید که بیانگر میزان عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط آبیاری است ژنوتیپ‌های KS21578 و KS21576 به ترتیب با مقدار ۲۰۵۴/۲ و ۱۸۰۵/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار را دارا بودند. ازنظر شاخص تحمل به تنش (STI) بیشترین مقدار مربوط به ژنوتیپ‌های KS21578 و KS21576 بود. کمترین میزان حساسیت به تنش خشکی مربوط به ژنوتیپ KS21585 بود، ولی این ژنوتیپ از عملکرد بسیار پایینی در هر دو شرایط آبیاری برخوردار بودند و آن ژنوتیپ KS21579 کمترین حساسیت به تنش خشکی را از خود نشان داد. بیشترین حساسیت به تنش خشکی مربوط به ژنوتیپ

KS21591 بود. ازآنجاکه بهترین شاخص‌ها آن‌هایی هستند که منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط بدون‌تنش و تنش خشکی شده و همچنین از حساسیت کمتری به تنش خشکی برخوردار باشند لذا انتخاب بر اساس شاخص‌های حساسیت و میانگین هندسی تولید می‌تواند بسیار مهم باشد. بر اساس نتایج نمودار دوطرفه شاخص حساسیت به تنش و شاخص میانگین هندسی تولید، هشت ژنوتیپ در ناحیه با عملکرد بالا در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی و حساسیت پایین به تنش خشکی بودند (شکل ۱).

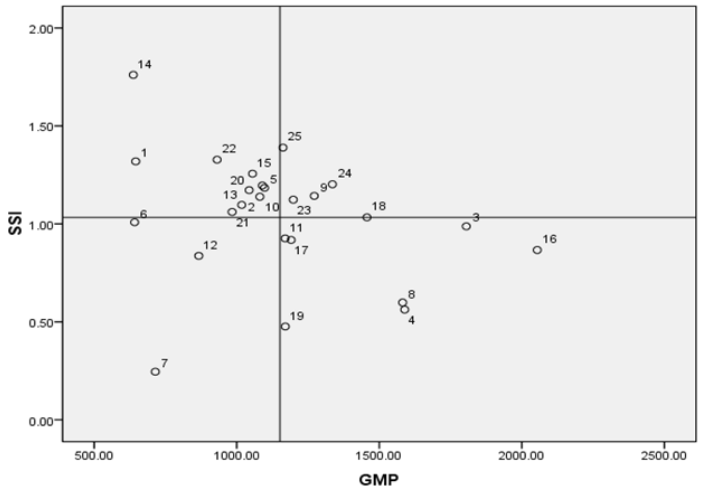
**جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی لوبیاچیتی**

**Table 1. Evaluation indices of evaluated chitti bean genotypes**

| Index | شاخص | معادله Equation | منبع Reference |
|---|---|---|---|
| **Stress Tolerance** | **تحمل به تنش** | $STI = [Y_P * Y_S]. [\overline{Y_p} * \overline{Y_s}]$ | (Fernandez, 1992) |
| **Geometric Mean Productivity** | **میانگین هندسی بهره‌وری متوسط** | $GMP = \sqrt{[YP * YS]}$ | |
| **Tolerance** | **تحمل** | $TOL = [Y_P - Y_S]$ | (Rosielle and Hamblin, 1981) |
| **Mean Productivity** | **بهره‌وری متوسط** | $MP = [YP + YS]. 2$ | |
| **Stress Susceptibility** | **حساسیت به تنش** | $SSI = [(1-(Y_S. Y_P))]. [(1-\overline{Y_s}.\overline{Y_p}))]$ | (Fischer and Maurer, 1978) |

در روابط بالا $Y_S$، $Y_P$، $\overline{Y_S}$ و $\overline{Y_P}$ به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش برای هر ژنوتیپ و میانگین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش برای کلیه ژنوتیپ‌ها است.

In above equations $Y_S$, $Y_P$,$\overline{Y_S}$ and $\overline{Y_P}$ yield in stress and non-stress condition for each genotype and yield mean in stress and non-stress condition for all of the genotypes, respectively.




**شکل ۱. نمودار دوطرفه شاخص میانگین هندسی تولید و حساسیت به تنش در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی**

**Fig. 1. Two-way diagram of geometric mean productivity and stress susceptibility index in chitti bean genotypes**

مقایسه عملکرد دانه در شرایط بدون‌تنش و تنش خشکی روش مناسبی برای آغاز فرآیند انتخاب ژنوتیپ‌ها جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی در شرایط خشکی است (Farshadfar et al., 2001; Nasrollahzadeh Asl et al., 2017). برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در لوبیا از پنج شاخص مناسب استفاده شد. درواقع شاخصی که با عملکرد دانه مناسب در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون‌تنش همبستگی بالایی دارد بهترین ابزار ارزیابی ژنوتیپ‌ها است (Dorri and Dadivar, 2004).

با توجه به نمودار دوطرفه میانگین هندسی تولید و شاخص حساسیت به تنش خشکی در آزمایش بهترین ژنوتیپ ها آن‌هایی هستند که دارای بیشترین مقدار میانگین هندسی

تولید و کمترین مقدار شاخص حساسیت به تنش می‌باشند، لذا از بین ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی، ژنوتیپ‌های KS21578، KS21576،KS21580، KS21577، KS21579، KS21593 و KS21592 از تحمل خوبی به خشکی برخوردار بودند.

**جدول ۲. میانگین برخی شاخص‌های تحمل تنش در ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی**

**Table 2. Mean of some stress tolerance indices of bean genotypes in normal irrigation and drought stress stress condition.**

| ژنوتیپ Genotype | عملکرد دانه آبیاری معمول Normal irrigation grain yield | عملکرد دانه شرایط تنش Stress condition grain yield | شاخص بهره‌وری متوسط Mean productivity index | شاخص میانگین هندسی بهره‌وری Geometric mean productivity index | شاخص تحمل Tolerance index | شاخص تحمل به تنش Stress tolerance index | شاخص حساسیت به تنش Stress susceptibility index |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------kg ha$^{-1}$---------- | | | | | | |
| **KS21581** | 1047 | 397.9 | 722.4 | 645.4 | 649.1 | 0.06 | 1.3 |
| **KS21582** | 1585.2 | 736.9 | 1161 | 1080.8 | 848.3 | 0.17 | 1.1 |
| **KS21576** | 2466.4 | 1321.4 | 1893.9 | 1805.3 | 1145 | 0.45 | 1 |
| **KS21577** | 1852.7 | 1362.9 | 1607.8 | 1589 | 489.8 | 0.38 | 0.6 |
| **KS21583** | 1647.9 | 730.8 | 1189.3 | 1097.4 | 917.1 | 0.18 | 1.2 |
| **KS21584** | 884.7 | 456.4 | 675.1 | 641.7 | 419.3 | 0.06 | 1 |
| **KS21585** | 759.3 | 671.7 | 715.5 | 714.2 | 787.6 | 0.06 | 0.2 |
| **KS21580** | 1865.9 | 1341.1 | 1603.5 | 1581.9 | 524.8 | 0.34 | 0.6 |
| **KS21586** | 1869.6 | 865.2 | 1367.4 | 1271.8 | 1004.4 | 0.24 | 1.1 |
| **KS21587** | 1646.5 | 721.1 | 1183.8 | 1089.6 | 925.4 | 0.18 | 1.2 |
| **KS21588** | 1556.4 | 879.1 | 1217.7 | 1169.7 | 677.3 | 0.20 | 0.9 |
| **KS21589** | 1112.8 | 675.1 | 893.9 | 866.7 | 437.7 | 0.12 | 0.8 |
| **KS21590** | 1461.8 | 708.2 | 1085 | 1017.5 | 753.6 | 0.15 | 1.1 |
| **KS21591** | 1534 | 264.6 | 899.3 | 637.1 | 126.4 | 0.06 | 1.8 |
| **KS21596** | 1648.8 | 675.3 | 1162.1 | 1055.2 | 973.5 | 0.17 | 1.3 |
| **KS21578** | 2668.1 | 1581.5 | 2124.8 | 2054.2 | 1086.6 | 0.63 | 0.9 |
| **KS21592** | 1579.2 | 897.9 | 1238.5 | 1190.8 | 681.3 | 0.21 | 0.9 |
| **KS21579** | 2031.3 | 1044.7 | 1538 | 1456.7 | 986.6 | 0.32 | 1 |
| **KS21593** | 1328.3 | 1031 | 1179.6 | 1170.2 | 297.3 | 0.21 | 0.5 |
| **KS21594** | 1557.5 | 699.3 | 1128.4 | 1043.6 | 858.2 | 0.16 | 1.2 |
| **KS21595** | 1389.5 | 696.5 | 1043 | 983.8 | 693 | 0.14 | 1.1 |
| **KS21488** | 1518.4 | 570.9 | 1044.6 | 931.1 | 347.5 | 0.13 | 1.3 |
| **KS21489** | 1744.2 | 823.2 | 1283.7 | 1198.3 | 921 | 0.21 | 1.1 |
| **KS21492** | 2025.5 | 880.9 | 1453.1 | 1335.8 | 1144.3 | 0.27 | 1.2 |
| **Ghaffar** | 1973.1 | 684.5 | 1328.8 | 1162.1 | 1288.6 | 0.20 | 1.4 |

## منابع


Asadi, B., Asteraki, H., 2015. Response of chitti bean lines to drough stress based on tolerance indices. Seed and Plant Improvement. 31, 233-248. [In Persian with English Summary].

Asadi, B., Ghadiri, A., Asteraki, H., 2013. Evaluation of drought stress tolerance indices in Chitti bean genotypes. The 5th Iranian Pulse Crops Symposium. Karaj. 334-337. [In Persian with English Summary].

Asadi, B., Dorri, H.R., Ghadiri, A., 2011. Evaluation of chitti bean genotyps to drought stress using stress tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal. 27, 615-630. [In Persian with English Summary].

Dorri, H.R., Dadivar, M., 2004. Final report of research project for evaluation of tolerance of bean genotypes to water stress. Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. [In Persian].

Farshadfar, A., Zamani, M.R., Motallebi, M., Emam Jome, A., 2001. Selection for drought resistance in chickpea lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 32, 65-77. [In Persian with English Summary].

Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C.G. (ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Tainan, Taiwan.

Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agriculture Science. 29, 897-912.

Majnoun Hosseini, N., 2008. Agronomy and production of legume. Jahad Daneshgahi Press. Tehran, Iran. 286 p. [In Persian].

Nasrollahzadeh Asl, V., Shiri, M.R., Moharam Nejad, S., Yusefi, M., Baghbani, F., 2017. Effect of drought tension on agronomy and biochemical traits of three maize hybrids (*Zea mays* L.). Crop Physiology Journal. 8, 45-60. [In Persian with English Summary].

Rosielle, A.A., Hamblin, J., 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non - stress environment. Crop Science. 21, 943-946.