

Evaluation of Drought Tolerance Indices of Chickpea Cultivars in Different Irrigation Regimes

Mehdi Kakaei 

Received: September 26, 2023

Accepted: September 19, 2024

Associate Professor of Agricultural Sciences Department, Payame Noor University (PNU), Tehran-Iran.

*Corresponding Author: E-mail: M.Kakaei@Pnu.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Chickpea is rich in nutrients and compared to animal protein, it acts as a cheap source of protein, with good quality, so it can be useful for food security in developing countries. Considering the limitation of water needed for irrigation, especially the issue of water shortage in the future, and considering the decrease in average rainfall in recent years, it will be inevitable to conduct applied research in the field of drought. The purpose of this study is to screen the response of drought tolerance after the germination stage in different cultivars of chickpea and to select drought tolerant cultivars, to identify the most desirable and stable drought tolerant indicators and to know the relationships between them in order to it was designed and implemented to be used in future improvement programs to achieve higher yield in the level unit.

Materials & Methods: To carry out this research, seven cultivars of chickpeas, including Yadegar, Adel, Ana, Kasra, Mansour, Kaviyan and Arman cultivars, were prepared in the crop year of 2023 with a randomized complete block design with three replications in the educational-research farm of Payame Noor University cultivated in Asadabad (Hamedan). The above-mentioned experiment was carried out in two humidity conditions, the condition without irrigation and the condition with supplementary irrigation in the late stage of the germination period. The potential of drought tolerance indices was used in this research.

Results: The results showed that under normal cultivation conditions, the growth and development of the plant increased significantly compared to the conditions under drought stress, and according to the results obtained in this study, the indices, stress tolerance index, tolerance index, yield index, tolerance index to Changed stress under stress conditions, stress tolerance rating index, mean productivity index, harmonic average index and geometric mean productivity index were found to be appropriate. These indices were able to identify drought-tolerant cultivars with suitable and acceptable yield in both environmental conditions (supplementary irrigation conditions and drought stress conditions). The cultivars that were able to be selected in both environmental conditions by the aforementioned indicators included cultivars Yadegar, Kasra, and Adel, respectively.

Conclusion: Based on the results of all statistical analyses, such as analysis of variance, comparison of averages, correlation analysis of indicators, bi-plot analysis and cluster analysis, Yadegar, Kasra, and Adel cultivars, respectively had the highest yield per unit area. The use of planting density and different planting dates in the coming years to achieve more valuable results is highly recommended.

Keywords: Bi-Plot, Drought Tolerant, Supplementary Irrigation, Tolerant Cultivars



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2026 Mehdi Kakaei E-mail: M.Kakaei@Pnu.ac.ir

<https://doi.org/10.22034/saps.2024.58603.3122>



ارزیابی شاخص‌های تحمل خشکی ارقام نخود در رژیم‌های مختلف آبیاری

مهدی کاکایی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۹
--------------------------	-------------------------

دانشیار اصلاح نباتات، بخش علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران،

چکیده

مقدمه و اهداف: نخود سرشار از مواد مغذی است و در مقایسه با پروتئین حیوانی به عنوان یک منبع ارزان قیمت پروتئین، با کیفیت مطلوب عمل می‌کند، بنابراین برای امنیت غذایی در کشورهای در حال توسعه می‌تواند مفید واقع شود. نظر به محدودیت آب مورد نیاز برای آبیاری به ویژه مسئله کمبود آب در آینده و با توجه به کاهش میانگین نزولات آسمانی در سال‌های اخیر لزوم انجام پژوهش‌های کاربردی در زمینه خشکی اجتناب ناپذیر خواهد بود. مطالعه پیش‌رو با هدف غربالگری پاسخ تحمل به خشکی بعد از مرحله نیام‌دهی در ارقام مختلف نخود زراعی و انتخاب ارقام متحمل به خشکی، شناسایی مطلوب‌ترین و پایدارترین شاخص‌های متحمل به خشکی و اطلاع از روابط بین آن‌ها جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی آبی جهت نیل به عملکرد بالاتر در واحد سطح طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: برای انجام این پژوهش هفت رقم نخود زراعی شامل ارقام یادگار، عادل، آنا، کسری، منصور، کاویان و آرمان تهیه و در سال زراعی ۱۴۰۱-۴۰۲ با آرایش طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشگاه پیام نور اسدآباد (همدان) کشت گردید. آزمایش فوق‌الذکر در دو شرایط رطوبتی شامل شرایط بدون آبیاری و شرایط با آبیاری تکمیلی در مرحله اواخر دوره نیام‌دهی به مرحله اجرا در آمد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در شرایط کشت نرمال، رشدونمو گیاه افزایش قابل توجهی در مقایسه با شرایط تحت تنش خشکی داشت و با توجه به نتایج حاصل در این مطالعه شاخص تحمل به تنش خشکی، شاخص تحمل، شاخص عملکرد، شاخص تحمل به تنش تغییر یافته تحت شرایط تنش، شاخص امتیازدهی تحمل تنش، شاخص میانگین بهره‌وری، شاخص میانگین هارمونیک و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری مناسب تشخیص داده شدند. لذا این شاخص‌ها قادر بودند ارقام متحمل به خشکی و دارای عملکرد مناسب و قابل قبول در هر دو شرایط محیطی مورد بررسی (آبیاری تکمیلی و تنش خشکی) را شناسایی کنند. ارقامی که توانستند در هر دو شرایط محیطی توسط شاخص‌های مذکور مورد انتخاب قرار گیرند به ترتیب شامل ارقام یادگار، کسری و عادل بودند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از کلیه تجزیه‌های آماری نظیر تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها، تجزیه همبستگی شاخص‌ها، تجزیه بای‌پلات و تجزیه خوشه به ترتیب ارقام یادگار، کسری و عادل دارای بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح بودند. استفاده از ارقام بیشتر جهت کشت در سال‌های آبی با شرایط آب‌وهوایی متفاوت برای حصول نتایج ارزشمندتر قابل توصیه نهایی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، ارقام متحمل، بای‌پلات، شاخص‌های تحمل خشکی

مقدمه

ایران با تولید سالانه حدود ۲۵۰ هزار تن نخود، ۱/۸ درصد تولید نخود جهان را به خود اختصاص داده است. سطح زیر کشت نخود در ایران، سالانه ۵۰۰ تا ۵۲۰ هزار هکتار می باشد که بیشترین تولیدات مربوط به استان های سردسیر کشور است. حبوبات نقش مهمی در رژیم غذایی انسان دارند زیرا نه تنها مکمل مواد مغذی رژیم غلات هستند، بلکه طعم و بافت غذاهای اصلی را نیز بهبود می بخشد (وارول و همکاران ۲۰۲۰). نظر به اینکه ایران در منطقه خشک و نیمه خشک دنیا قرار گرفته است لیکن اهمیت خشکی و آسیب های ایجاد شده از آن و پژوهش در خصوص آن بسیار ضروری است. لذا جهت عبور از خسارات مربوط به خشکی، شناسایی و استفاده از ارقام متحمل از جمله مطلوب ترین راهکارها برای تخفیف اثرات مضر ناشی از تنش خشکی در کشاورزی است. از جمله وظایف و اهداف به نژادگران گیاهان، تحقیق و تشخیص ژنوتیپ های متحمل به خشکی می باشد. دانشمندان این حوزه علمی به مدد مطالعه صفات مورفوفیزیولوژیکی و غیره شناسایی ارقام متحمل به خشکی را (که بسیار دشوار می باشد) انجام می دهند. آنها توأمان ژنوتیپ ها را در هر دو شرایط محیطی تنش خشکی و بدون تنش خشکی مطالعه می کنند و در نهایت با انجام آزمون های مربوط، ارقام متحمل را پیشنهاد و معرفی می کنند (کاکایی و همکاران ۲۰۰۹). ایران با متوسط بارش سالانه نزولات آسمانی به میزان ۲۴۰ میلی متر و شهرستان اسدآباد-همدان با میانگین بارش طولانی مدت ۲۵۰ میلی - متر می باشد (کاکایی ۲۰۲۳). مناطق وسیعی از ایران در تولید نخود شاخص می باشد (کاکایی و موسوی ۲۰۱۵). بر مبنای فراگیری شرایط کم آبی در کشور و نظر به اهمیت حبوبات به ویژه گیاه نخود در ایران (به خصوص در مناطقی از غرب کشور)، ارزیابی صفات زراعی از جمله مهمترین مسائل بوده و لذا تشخیص مطلوب ترین رقم بر مبنای شاخص های تحمل به خشکی در ارقام مورد مطالعه الزامی است (کاکایی ۲۰۱۹). بر مبنای واکنش ارقام به شرایط محیطی (بدون تنش خشکی و تنش خشکی) می توان آن ها را در چهار دسته گروه بندی

نمود، که بر این اساس، ارقامی که در هر دو شرایط محیطی ذکر شده، عملکرد مطلوبی داشته باشد در گروه A قرار می گیرد، ارقامی که تنها عملکرد مطلوبی در محیط بدون تنش داشته باشند در گروه B جای گرفته و ارقامی که عملکرد مناسبی در محیط تنش داشته باشند در گروه C قرار می گیرند و همچنین ارقامی که عملکرد ضعیفی در هر دو محیط داشته باشند در گروه D قرار می گیرند (فیشتر و مورر ۱۹۷۸). محققین بسیاری از شاخص های تحمل به خشکی در پژوهش های خود استفاده کردند و اعلام کرده اند که این شاخص ها معیار مناسبی برای مطالعات و گزینش ژنوتیپ های متحمل به خشکی می باشد، در پژوهشی کاکایی و همکاران (۲۰۰۹) در کلزا اعلام نمودند که در شناسایی ارقام متحمل به خشکی شاخص ها ابزار مناسبی هستند که در کنار روش های آماری چندمتغیره مطلوبیت مضاعفی حاصل می کنند. در تحقیقات جداگانه ای کاکایی و همکاران (۲۰۱۹) در گندم و کاکایی (۲۰۲۳) در ارقام جدید و قدیم گندم بیان نمودند که شاخص های تحمل به خشکی در ژنوتیپ های گندم نیز در تشخیص ژنوتیپ حساس به خشکی و متعاقب آن متحمل به خشکی کارآیی دارند. در پژوهشی دیگر کاکایی و همکاران (۲۰۱۸) در عدس شاخص های تحمل به خشکی قادر به شناسایی و تعیین گیاهان عدس متحمل به خشکی بودند و ارقام متحمل را برای معرفی به بهره برداران در منطقه تحقیق شناسایی نمودند. در مطالعه شاخص های تحمل خشکی، کاکایی و همکاران (۲۰۱۱) از تجزیه کلاستر برای تفکیک ژنوتیپ ها استفاده کردند و از تجزیه تابع تشخیص برای تأیید تجزیه کلاستر استفاده نمودند و آن را روشی مطلوب برای این منظور اعلام نمودند. تولید نخود به دلیل تنش خشکی که می تواند تهدید بزرگی در آینده برای امنیت غذایی کشورهای در حال توسعه باشد، به طور جدی با مشکل مواجه شده است (تایواری و همکاران ۲۰۲۳). در تحقیقی برای تحمل به خشکی در ژنوتیپ های نخود، گنجعلی و همکاران (۲۰۰۵) شاخص تحمل به خشکی را مفید ارزیابی نمودند. همچنین در این راستا سیدی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه تعیین شاخص های تحمل خشکی در نخود در شرایط تنش کم

آبی ابراز نمودند که شاخص‌های تحمل تنش، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک و میانگین بهره‌وری مطلوب‌ترین شاخص‌های تحمل به خشکی هستند که همراهی تجزیه کلاستر و تجزیه بای‌پلات کمک کار بوده‌اند. در تحقیقاتی جداگانه گنجعلی و همکاران (۲۰۱۱) و شعبانی و همکاران (۲۰۱۸) از شاخص‌های تحمل خشکی به درستی استفاده کردند و آنها را ابزاری ارزشمند در شناسایی ارقام متحمل به خشکی در نخود اعلام نمودند. پژوهش حاضر با هدف غربالگری پاسخ تحمل به خشکی پس از مرحله نیام‌دهی در ارقام مختلف نخود زراعی و انتخاب ارقام متحمل به خشکی، شناسایی مطلوب‌ترین و پایدارترین شاخص‌های متحمل به خشکی و اطلاع از روابط بین آنها جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی آینده جهت نیل به عملکرد بالاتر در واحد سطح اجرا شد.

مواد و روش‌ها

با هدف ارزیابی تنوع ژنتیکی ارقام نخود زراعی، مطالعه شاخص‌های کمی تحمل به خشکی و ارزیابی و تشخیص ارقام متحمل به خشکی پس از مرحله نیام‌دهی، تعداد هفت رقم نخود زراعی شامل ارقام (۱) یادگار، (۲) عادل، (۳) آنا، (۴) کسری، (۵) منصور، (۶) کاویان و (۷) آرمان تهیه گردید (جدول ۲). آبیاری تکمیلی در مرحله انتهایی نیام‌دهی صورت گرفت. آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱-۴۰۲ در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشگاه پیام‌نور اسدآباد (شکل ۱) با ویژگی‌های آب و هوایی معتدل و نیمه خشک و با ارتفاع ۱۶۰۷ متر از سطح دریا، بین مدار ۳۴ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ و ۵۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی، طراحی و انجام شد. تحقیق در دو محیط آبیاری به صورت تکمیلی در مرحله نیام‌دهی و شرایط دیم با آرایش طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به صورت جداگانه اجرا گردید. میانگین و وضعیت بارندگی در منطقه محل اجرای طرح آزمایشی، بر اساس جدول ۱ می‌باشد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و دیسک زدن توسط تراکتور و قبل از کاشت صورت گرفت و تنها از کود دامی پوسیده به مقدار کافی در زمین زراعی مورد کشت استفاده گردید. کشت نیز به صورت دستی در اسفندماه ۱۴۰۱ صورت گرفت. برای کاشت، هر

رقم به صورت پنج خط دو متری با فاصله خطوط ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر انجام شد. عملیات کنترل علف‌های هرز به صورت دستی در مرحله رشدی ساقه‌دهی انجام گرفت. رسیدگی کلیه ارقام حدوداً در یک زمان اتفاق افتاد. بعد از برداشت، عملکرد دانه ارقام تعیین شد. شاخص‌های حساسیت و تحمل خشکی با استفاده از روابط جدول ۳ (شاخص حساسیت به تنش (فیشر و مورر ۱۹۷۸)، شاخص تحمل (روزیل و هامبلین ۱۹۸۱)، شاخص میانگین بهره‌وری (روزیل و هامبلین ۱۹۸۱)، شاخص تحمل تنش (فرناندز ۱۹۹۲)، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (فرناندز ۱۹۹۲)، شاخص میانگین هارمونیک (فرناندز ۱۹۹۲)، شاخص عملکرد (لین ۱۹۸۶)، شاخص تحمل به تنش تغییر یافته در شرایط تنش و بدون تنش (فرشادفر و شوتکا ۲۰۰۲)، شاخص حساسیت به خشکی (فرشادفر و شوتکا ۲۰۰۲)، شاخص تحمل تنش غیرزنده (موسوی و همکاران ۲۰۲۰)، شاخص پایداری عملکرد (بلوم ۱۹۸۸) و شاخص امتیازدهی تحمل خشکی (عبدالشاهی ۲۰۱۴ و قاسمی و فرشادفر ۲۰۱۵، ساردویی نسب و همکاران ۲۰۱۴) محاسبه شدند (جدول ۲). بین شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط تنش خشکی و شرایط آبیاری تکمیلی همبستگی محاسبه شد و بر مبنای تحلیل این همبستگی‌ها، شاخص‌های تحمل گزینش شدند و مناسب‌ترین شاخص‌ها که در هر دو شرایط محیطی شامل شرایط تنش خشکی و شرایط آبیاری تکمیلی که دارای همبستگی مناسبی با عملکرد بودند گزینش شدند. نهایتاً بعد از تشخیص مطلوب‌ترین شاخص‌ها، برای تعیین ارقام متحمل به خشکی با عملکرد بالا در هر دو شرایط محیطی از گراف آماری سه بعدی استفاده شد که در آن عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی بر روی محور Xها، عملکرد در شرایط تنش خشکی (دیم) بر روی محور Zها و یکی از شاخص‌های گزینش شده فوق‌الذکر بر روی محور Yها نشان داده شد (کاکایی ۲۰۱۸). قبل از انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها، وجود داده‌های پرت مورد بررسی قرار گرفت (کاکایی ۲۰۲۳). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و انجام کلیه تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد.

جدول ۱- مقدار آمار بارندگی ماهانه (بر حسب میلی متر) در محل انجام پژوهش

سال زراعی	اسفند ۱۴۰۱	فروردین ۱۴۰۲	اردیبهشت ۱۴۰۲	خرداد ۱۴۰۲	تیر ۱۴۰۲
Crop Year	February, 2023	March, 2023	April, 2023	May, 2023	June, 2023
	۴۳/۳	۵۵/۷	۶۱/۲	۲۸/۹	.

جدول ۲- اسامی ارقام مختلف مورد مطالعه نخود زراعی

ردیف	نام رقم	ویژگی رقم (اقلیم)	ردیف	نام رقم	ویژگی رقم (اقلیم)
۱	یادگار	گرم و معتدل	۵	منصور	معتدل و نیمه گرمسیر
۲	عادل	معتدل و نیمه گرمسیر	۶	کاویان	معتدل و نیمه گرمسیری
۳	آنا	معتدل و سردسیر	۷	آرمان	معتدل، گرم و نیمه گرمسیر
۴	کسری	گرم و معتدل			

جدول ۳- اسامی شاخص های متحمل به خشکی مورد مطالعه

$SSI = \frac{1 - (Y_S / Y_P)}{1 - (\bar{Y}_S / \bar{Y}_P)}$	شاخص حساسیت به تنش	۱
Stress Susceptibility Index (SSI)	شاخص تحمل	۲
$TOL = Y_P - Y_S$	Stress Tolerance (TOL)	۳
$MP = \frac{Y_S + Y_P}{2}$	شاخص میانگین بهره‌وری	۴
$STI = \frac{Y_S \times Y_P}{\bar{Y}_P^2}$	Mean Productivity (MP)	۵
$GMP = \sqrt{(Y_S \times Y_P)}$	شاخص تحمل تنش	۶
$HMP = \frac{2 Y_P \times Y_S}{Y_P + Y_S}$	Stress Tolerance Index (STI)	۷
$YI = \frac{Y_S}{\bar{Y}_S}$	شاخص میانگین هندسی بهره‌وری	۸
$K_1 STI = \frac{(Y_P)^2}{(\bar{Y}_P)^2} \times STI$	Geometric Mean Productivity (GMP)	۹
$K_2 STI = \frac{(Y)^2}{(\bar{Y}_S)^2} \times STI$	شاخص میانگین هارمونیک	۱۰
$DI = Y_S \times \left(\frac{Y_S}{\bar{Y}_P} \right)$	Harmonic Index	۱۱
$ATI = \left(\frac{Y_P - Y_S}{\bar{Y}_S} \right) \times GMP$	شاخص عملکرد	۱۲
$YSI = \frac{Y_S}{Y_P}$	Yield Index (YI)	۱۳
$STS = GMP_{std} + STI_{std} + HMP_{std} + MP_{std} - TOL_{std} - SSI_{std} - b_{std}$	شاخص تحمل به تنش تغییر یافته تحت شرایط بدون تنش	
	Modified Stress Tolerance Index in without Drought Stress	
	شاخص تحمل به تنش تغییر یافته تحت شرایط تنش	
	Modified Stress Tolerance index in Drought Stress	
	شاخص حساسیت به خشکی	
	Drought Resistance Index	
	شاخص تحمل تنش غیرزنده	
	(Abiotic-Stress Tolerance Index (ATI))	
	شاخص پایداری عملکرد	
	Yield Stability Index (YSI)	
	شاخص امتیازدهی تحمل خشکی	
	(Stress Tolerance Score (STS))	

Y_P و Y_S به ترتیب عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی و تنش خشکی و $\bar{Y}_P$ و $\bar{Y}_S$ به ترتیب میانگین های عملکرد در شرایط بدون تنش خشکی و تنش خشکی می باشند. Std مخفف واژه Standard می باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصله از تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی و شاخص‌های تحمل به خشکی (جدول ۴) نشان داد که ارقام مورد بررسی از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 1\%$) تفاوت معنی‌دار دارند، که نشان‌دهنده اختلاف عملکرد در هر دو شرایط محیطی بود. شاخص‌های تحمل به خشکی (شاخص میانگین بهره‌وری، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص میانگین هارمونیک و شاخص امتیازدهی تحمل خشکی) با همدیگر اختلاف معنی‌دار حداقل در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq 5\%$) داشتند. این تفاوت نشان‌دهنده عکس‌العمل متفاوت ارقام نسبت به تنش رطوبتی و وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام نخود می‌باشد. جدول ۵، مقدار عددی عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل خشکی در ارقام نخود مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی و بدون تنش خشکی (آبیاری تکمیلی) را نشان می‌دهد. همانطوری که از این جدول مشخص می‌باشد عملکرد رقم یادگار در هر دو شرایط تنش خشکی و شرایط آبیاری تکمیلی در بالاترین مقدار نسبت به سایر ارقام قرار دارد و در مرتبه بعدی رقم کسری و نهایتاً رقم عادل توانسته‌اند بیشترین عملکرد در هر دو شرایط محیطی را، به خود اختصاص دهند. از نظر سایر شاخص‌ها نیز این ارقام مقدار بهینه را به خود اختصاص داده‌اند لذا می‌توان بر اساس این تجزیه آماری به ترتیب ارقام یادگار، کسری و نهایتاً رقم عادل را مناسب‌ترین ارقام جهت کشت در محل مورد تحقیق پیشنهاد نمود. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های معنی‌دار متحمل به خشکی، در جدول ۶ نمایش داده شده است. بر اساس این جدول نتایج نشان داد که ۶۱ درصد تغییرات متغیرهای مورد بررسی توسط مؤلفه اول و ۸۲/۸ درصد تغییرات مذکور توسط مؤلفه‌های اول و دوم (و نهایتاً ۹۵/۱ درصد تغییرات توسط سه مؤلفه اول) توجیه گردید. بر اساس جدول ۷، عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (YP) و شرایط آبیاری تکمیلی (YS) با شاخص‌های شاخص تحمل خشکی، شاخص عملکرد، شاخص میانگین هارمونیک، شاخص میانگین بهره‌وری، شاخص

امتیازدهی تحمل خشکی، شاخص تحمل به تنش تغییر یافته تحت شرایط بدون تنش خشکی و با تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 1\%$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. که نشان‌دهنده موثر بودن این شاخص‌ها جهت شناسایی ارقام متحمل و با عملکرد مناسب در هر دو شرایط محیطی می‌باشد. همبستگی بالای شاخص‌های فوق‌الذکر با دو صفت عملکرد در شرایط تنش خشکی و شرایط آبیاری تکمیلی و در خصوص همبستگی که سایر شاخص‌ها با یکدیگر دارند در جدول همبستگی نشان داده شده است. در تحقیق کاکایی (۲۰۲۳)، برای مطالعه گیاه گندم از تجزیه آماری شاخص‌های آماری و تجزیه همبستگی استفاده کردند و نیز نتایج مشابه و همسویی با نتایج مطالعه حاضر گزارش شد. در مطالعه‌ای اسماعیلی و همکاران (۲۰۲۲)، شاخص‌های میانگین هارمونیک، میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک و شاخص تحمل به خشکی را دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش اعلام کردند. شکل ۲، گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی با استفاده از شاخص تحمل تنش را نشان می‌دهد. ارقام یادگار، کسری و عادل در گروه A قرار دارند یعنی این ارقام در هر دو شرایط محیطی توانسته‌اند عملکرد مناسب و قابل قبول و بالاتری را ایجاد نمایند. شکل ۳، نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در آزمون شاخص‌های تحمل خشکی در ارقام نخود را نمایش می‌دهد. در شکل ۳، ارقام یادگار، کسری و نهایتاً رقم عادل که بر اساس مقایسه میانگین‌ها دارای عملکرد بالاتری در هر دو شرایط محیطی بودند هم اکنون نیز این ارقام نزدیک شاخص‌های مهم، تحمل به خشکی (شاخص تحمل خشکی، شاخص عملکرد، شاخص هارمونیک و شاخص میانگین بهره‌وری) قرار دارند. شاخص‌های تحمل خشکی، شاخص عملکرد، شاخص هارمونیک و شاخص میانگین بهره‌وری با عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی همبستگی مثبت دارند و زوایای بسیار تند بین بردارهای این سه شاخص نسبت به هم نشان از همبستگی مثبت و بسیار بالای آنها با هم می‌باشد. شکل

۴، دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای کلیه شاخص‌ها به روش WARD برای ارقام نخود را نشان می‌دهد بر اساس این جدول، تجزیه خوشه‌ای به روش WARD ارقام مورد مطالعه را به سه گروه آماری دسته‌بندی نمود. گروه اول شامل ارقام یادگار، منصور، عادل و کسری و گروه دوم شامل رقم آنا و گروه سوم شامل ارقام کاویان و آرمان بودند. بر اساس این تجزیه نیز ارقام با عملکرد مناسب در هر دو شرایط محیطی (ارقام یادگار، کسری و عادل) در یک گروه و ارقام با عملکرد پایین نظیر ارقام کاویان و آرمان در یک گروه جداگانه قرار دارند. جدول ۷، نتایج تجزیه تابع تشخیص برای گروه‌بندی بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه ارقام نخود را نشان می‌دهد و نیز این تجزیه گروه‌بندی تجزیه

خوشه‌ای را به طور کامل و ۱۰۰ درصد مورد تأیید قرار داد. در مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف نخود در شرایط تنش خشکی، تایواری و همکاران (۲۰۲۳)، از تجزیه بای‌پلات و تجزیه خوشه‌ای استفاده کردند و آن را روش‌های آماری مناسبی برای غربال ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی اعلام کردند. بنابراین، اصلاح یا پرورش ارقام مقاوم به تنش خشکی اقدامی دائمی در درازمدت برای جلوگیری از کاهش عملکرد تحت تنش آبی است و انتخاب واریته‌ها یا لاین‌هایی که به تنش خشکی مقاوم هستند، ابزاری مطمئن برای موفقیت در مطالعات اصلاحی است (یوکاک و ارسلان ۲۰۲۳).

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش خشکی (آبیاری تکمیلی) و شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام مورد مطالعه نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	YP	YS	STI	TOL	SSI	MP	GMP
تکرار	۲	۳۴۴/۷۱۴	۶۳/۲۰۵	۰/۰۱۰	۷/۵۲	۰/۰۴۶	۷۳/۹۵۵	۶۹/۵۶۳
تیمار	۶	۳۹۱۷/۶۶۷**	۳۸۱۴/۹۴**	۰/۰۸۸*	۸/۰۹۱ ^{ns}	۰/۰۱۲ ^{ns}	۳۸۳۲/۶۵۳**	۳۸۳۶/۷۲۷ **
اشتباه	۱۲	۱۲۷/۵۴۸	۴۰/۷۱	۰/۰۳۸	۷/۳۵۶	۰/۰۰۸	۶۲/۰۵۲	۶۰/۹۴۷
ضریب تغییرات (%)		۸/۹	۲۳/۳۴	۰/۰۴	۰/۳۱۹	۰/۰۴	۸/۸۴	۲۳/۴۱

ادامه جدول ۴.

	HMP	YI	ATI	K1STI	YSI	DI	K2STI	STS
تکرار	۶۵/۵۶۳	۳/۲۰۸	۱۶۴۸۹۸۰/۱۰۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۲۶۹/۶۷۲
تیمار	۳۸۴۰/۹۱۸**	۰/۰۰۱۱ ^{ns}	۴۴۰۵۶۶۱/۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۴/۹۰۱ ^{ns}	۱۵۲۸۳/۰۸۸**
اشتباه	۵۹/۹۶۱	۲/۰۶۶	۲۸۶۰۳۷۶/۹۳۲	۱/۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۴/۰۷۲	۱۶۴/۳۱
ضریب تغییرات (%)	۸/۸۵	۰/۰۰۴	۲۹/۹	۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۲۴۵	۱۷/۶۶

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد است.

جدول ۵- عملکرد دانه (واحد کیلوگرم در هکتار) و شاخص‌های تحمل خشکی در ارقام نخود مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی و بدون تنش خشکی (آبیاری تکمیلی)

شماره ارقام	YP	YS	STI	TOL	MP	GMP	HMP	YI	ATI	STS
یادگار	۳۲۶/۶۶	۳۱۸/۳۳	۰/۹۷۴	۸/۳۳	۳۲۲/۵	۳۲۲/۴۷	۳۲۲/۴۴	۳	۲۷۵۶/۴۶۶	۶۳۷/۶۱
	±۴/۴	±۴/۴	±۰/۰۱۲	±۱/۶۶	±۴/۳۳	±۴/۳۳	±۴/۳۳	±۰/۹۷	±۹۶۹/۰۲	±۸/۸۲
عادل	۳۱۰/۶۶	۲۹۹	۰/۹۶۲	۱۱/۶۶	۳۰۴/۸۳	۳۰۴/۷۶	۳۰۴/۷	۲/۸۱	۳۶۹۲/۰۷	۵۹۸/۸۶
	±۰/۶۶	±۳/۶	±۰/۰۳۴	±۳/۱۷	±۲/۰۴	±۲/۰۸	±۲/۱۱	±۰/۸۸	±۸۷۷/۳۹	±۷/۲۸
آنا	۲۳۵/۳۳	۲۳۰/۳۳	۰/۹۷۸	۵	۲۳۲/۸۳۳	۲۳۲/۷۵	۲۳۲/۶۸	۲/۱۷	۱۱۸۹/۰۱۳	۴۶۱/۵۷
	±۱۲/۷۸	±۶/۰۶	±۰/۰۵	±۷/۶۳	±۹/۲۴	±۹/۲۴	±۹/۲۴	±۰/۶۵	±۹۴۴/۰۵	±۱۲/۰۴
کسری	۳۱۳/۳۳	۳۰۲/۸۳	۰/۹۶۶	۱۰/۵	۳۰۸/۰۸	۳۰۸/۰۳	۳۰۷/۹۹	۲/۸۵	۳۳۴۶/۴۵۸	۶۰۶/۵۶
	±۳/۳۳	±۳/۶	±۰/۰۰۹	±۰/۵	±۳/۴۶	±۳/۴۶	±۳/۴۷	±۰/۴۸	±۶۷۲/۶۶	±۷/۲۲
منصور	۲۳۹/۳۳	۲۲۷	۰/۹۴۸	۱۲/۳۳	۲۳۳/۱۶	۲۳۳/۰۸	۲۳۲/۹۹	۲/۱۳	۳۰۲۹/۹۷۷	۴۵۴/۷۷
	±۰/۶۶	±۱/۵۲	±۰/۰۶۳	±۱/۸۵	±۰/۷۲	±۰/۷۴	±۰/۷۶	±۰/۹۳	±۷۰۷/۸۲	±۳/۱
کاوایان	۲۹۵	۲۷۵	۰/۹۳۲	۲۰	۲۸۵	۲۸۴/۷۳	۲۸۴/۴۸	۲/۵۹	۶۱۰۸/۷۵۳	۵۵۰/۵۵
	±۷/۶۳	±۲/۸۸	±۰/۰۵۸	±۱۰	±۲/۸۸	±۲/۷	±۲/۵۲	±۰/۰۹	±۹۸۱/۵۷	±۶/۰۶
آرمان	۲۸۸/۶۶	۲۶۴/۴۳	۰/۹۱۶	۲۴/۲۳	۲۷۶/۵۵	۲۷۶/۱۳	۲۷۵/۷۲	۲/۴۹	۷۳۰۳/۶۹۹	۵۲۹/۲۱
	±۱۰/۸	±۳/۰۹	±۰/۰۷۴	±۱۳/۲۳	±۴/۴	±۴/۰۷	±۳/۷۵	±۰/۸۶	±۱۰۸/۰۹	±۶/۶۲

شکل گسترده اسامی شاخص‌های مرتبط با خشکی در جدول شماره ۲ آمده است.

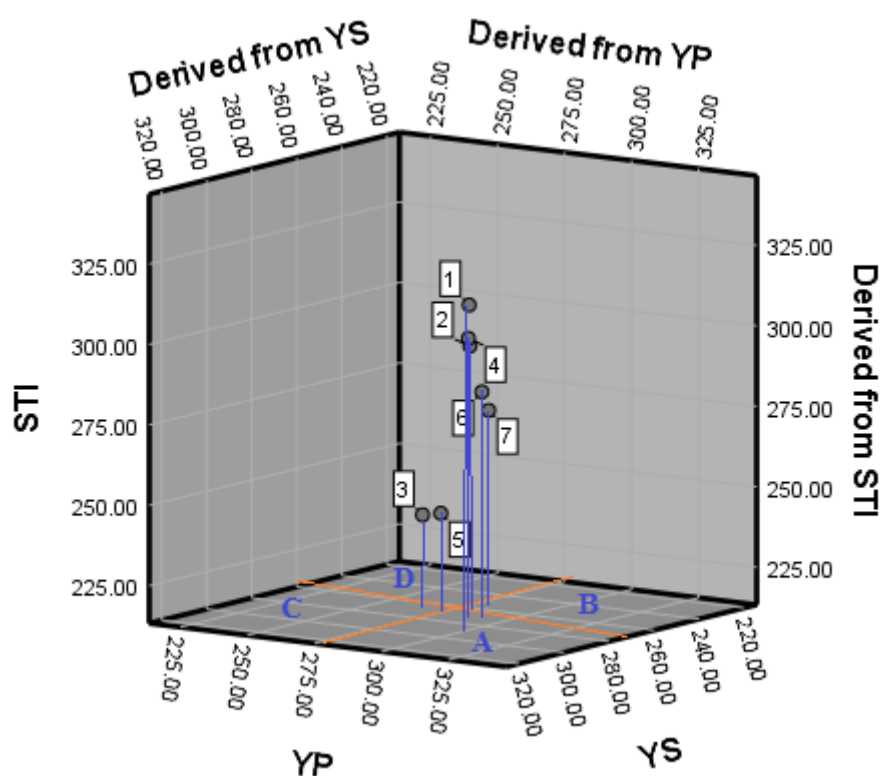
جدول ۶- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های متحمل به خشکی

مؤلفه	مقدار ویژه	مقادیر تجمعی %	STI	TOL	MP	GMP	HAM	YI	ATI	STS
۱	۶/۱۳۸	۶۱/۴	۰/۰۱۸	۰/۰۵۸	۰/۴۰۲	۰/۴۰۲	۰/۴۰۲	۰/۱۳۹	۰/۱۲	۰/۳۹۷
۲	۲/۱۴۴	۸۲/۸	۰/۰۱۲	۰/۶۵۷	۰/۰۵۷	۰/۰۵۷	۰/۰۶۲	۰/۳۵۸	۰/۶۳۳	۰/۱۲۱
۳	۱/۲۲۷	۹۵/۱	۰/۸۳۱	۰/۱۶۱	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۰/۵۰۸	۰/۱۴۷	۰/۰۱۲

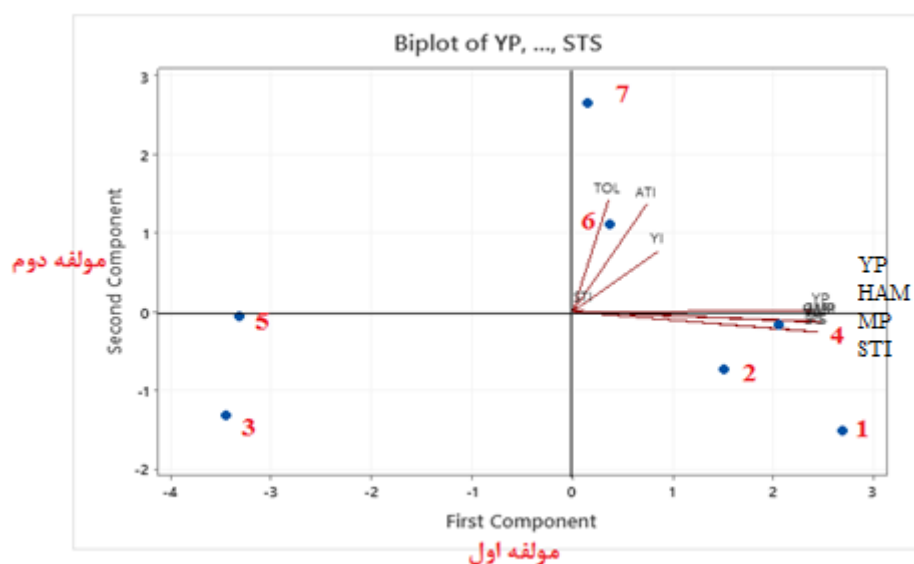
شکل گسترده اسامی شاخص‌های مرتبط با خشکی در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول ۷- ضرایب همبستگی شاخص های متحمل به خشکی با عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش

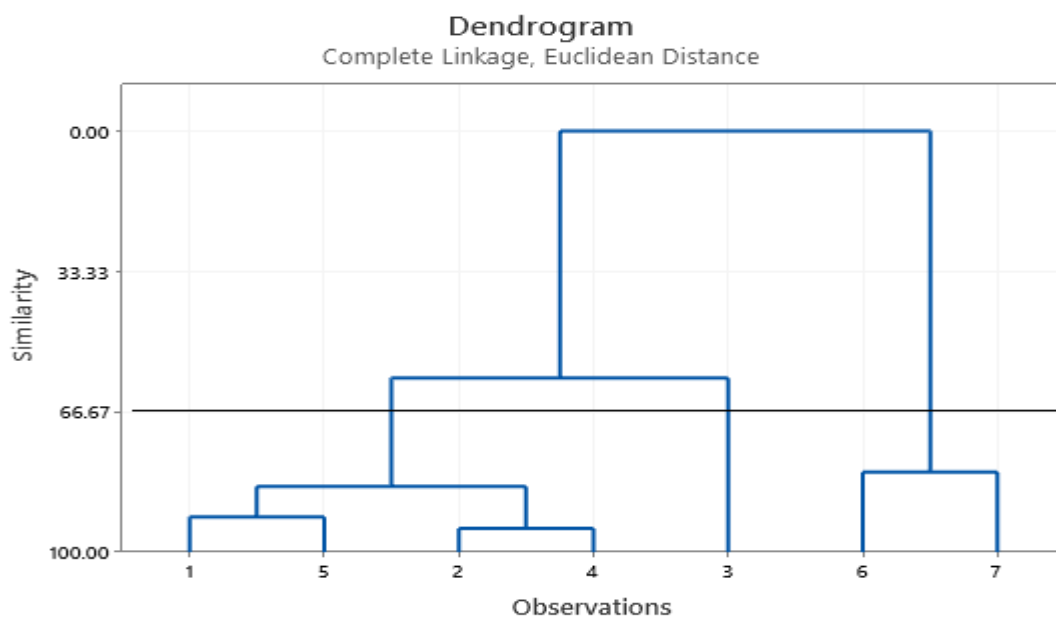
	YP	YS	TOL	GMP	YSI	STI	YI	HMP	MP	DI	SSI	STS	ATI	K1STI	K2STI
YP	۱														
YS	۰/۹۴**	۱													
TOL	۰/۶۷	-۰/۰۴۱	۱												
GMP	۰/۹۸۵**	۰/۹۸۶**	۰/۸۲۶	۱											
YSI	-۰/۳۸۷	۰/۰۷	-۰/۹۸۸**	-۰/۰۵۸	۱										
STI	۰/۹۷۹**	۰/۹۸۹**	۰/۰۹۹	۰/۹۹۹*	-۰/۰۲۹	۱									
YI	۰/۹۴**	**	-۰/۰۴۱	۰/۹۶۶**	۰/۰۷۰	۰/۹۹۹**	۱								
HMP	۰/۹۸۴**	۰/۹۸۷**	۰/۱۱۹	**	-۰/۰۵۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۸۷**	۱							
MP	۰/۹۸۶**	۰/۹۸۵**	۰/۱۳۳	**	-۰/۰۶۵	۰/۹۹۸**	۰/۹۸۵**	**	۱						
DI	۰/۶۱۷	-۰/۱۲	۰/۹۸۷**	۰/۰۴۷	**	۰/۰۷۸	-۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۵۳	۱					
SSI	۰/۶۸۸	-۰/۰۷	۰/۹۸۸**	۰/۰۵۷	-*	۰/۰۲۹	-۰/۰۷	۰/۰۵۱	۰/۰۶۵	**	۱				
STS	۰/۹۴**	**	-۰/۰۴۷	۰/۹۸۵**	۰/۱۱۴	۰/۸۸۸**	**	۰/۹۶۶**	۰/۹۸۴**	-۰/۱۲۵	-۰/۱۱۴	۱			
ATI	۰/۳۶۸	۰/۰۳۵	۰/۹۹۳**	۰/۰۰۱	-۰/۹۶۴**	۰/۱۷۵	۰/۰۳۵	۰/۹۱۰	۰/۸۰۸	۰/۹۶۳**	۰/۹۶۳**	۰/۰۳	۱		
K1STI	۰/۹۷۷**	۰/۹۷۴**	۰/۱۴	۰/۹۹**	-۰/۰۶۶	۰/۹۹۵**	۰/۹۷۴**	۰/۹۹۳**	۰/۹۹۱**	۰/۰۵۴	۰/۰۶۶	۰/۹۷۳**	۰/۸۱	۱	
K2STI	۰/۸۳۵**	۰/۹۹۱**	-۰/۰۳۷	۰/۹۷۸**	۰/۰۰۵	۰/۹۸۷**	۰/۹۹۱**	۰/۹۷۹**	۰/۹۷۷**	-۰/۱۱۶	-۰/۰۰۵	۰/۹۹۱**	۰/۰۴	۰/۹۸۳**	۱



شکل ۲- گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی با استفاده از شاخص تحمل تنش (STI)



شکل ۳- نمودار بای پلات دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در آزمون شاخص‌های تحمل خشکی در ارقام نخود



شکل ۴- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای کلیه شاخص‌ها به روش WARD برای ارقام نخود

جدول ۸- نتایج تجزیه تابع تشخیص برای گروه‌بندی بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه ارقام نخود

کلی	گروه‌های پیش‌بینی شده			گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای
	۳	۲	۱	
۴	۰	۰	۴	۱
۱	۰	۱	۰	۲
۲	۲	۰	۰	۳
۱۰۰٪	۰	۰	۱۰۰٪	۴
۱۰۰٪	۰	۱۰۰٪	۰	۵
۱۰۰٪	۱۰۰٪	۰	۰	۶

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به شرایط اقلیمی کم آب، اصلاح گیاه جهت به حداقل رساندن آسیب‌های ناشی از تنش‌های محیطی الزامی است. تنش‌های غیرزیستی تقریباً با هم در ارتباط هستند و باعث تغییرات مورفوفیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی در گیاه می‌شوند که بر رشد و توسعه محصول، کارایی محصول و در نهایت عملکرد تأثیر منفی می‌گذارد. شیوع بارندگی ناسازگار و دمای شدید (خشکسالی و گرما) به دلیل تغییرات آب‌وهوایی روز به روز در حال افزایش است. لذا در این پژوهش بر مبنای کلیه تجزیه‌های آماری (ساده و چندمتغیره) شامل تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه بای‌پلات،

تجزیه‌های سه بعدی ارقام یادگار، کسری و عادل به ترتیب دارای بیشترین عملکرد در هر دو شرایط محیطی بودند که به عنوان ارقام مناسب در محل انجام پژوهش، تشخیص داده شدند. همچنین شاخص‌های تحمل به خشکی نظیر شاخص تحمل خشکی، شاخص میانگین هارمونیک، شاخص میانگین بهروری، شاخص تحمل به تنش تغییر یافته تحت شرایط تنش و شاخص امتیازدهی تحمل خشکی، به شایستگی قادر به تفکیک ارقام از نظر تحمل به تنش خشکی بودند. به طور کلی برای نیل به اهداف دقیق‌تر تکرار این گونه آزمون‌ها در سالیان متوالی با پراکنش و میانگین بارش متفاوت قابل توصیه است.

سیاسگزاری

همکاری جناب آقای دکتر محسن سعیدی عضو محترم
هیأت علمی دانشگاه رازی جهت مشاوره در تهیه ارقام
مورد مطالعه در این پژوهش قدردانی می‌شود.

از دانشگاه پیام‌نور و همه‌ی عزیزانی که در اتمام این
مطالعه همکاری داشتند سیاسگزاری می‌کنم، همچنین از

منابع مورد استفاده

- Abdolshahi R, Safarian A, Nazari M, Pourseyedi S and Mohamadi-Nejad G. 2013. Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using different multivariate methods. Archives Agronomy Soil Science, 59: 685-704.
- Blum A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC. Press. Boca Raton, Fl. pp. 38-78. 5. Bouslama, M. and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24: 933-937.
- Bouchard J, Malalgoda M, Storsley J, Malunga L, Neticadan T and Thandapilly SJ. 2022. Health benefits of cereal grain- and pulse-derived proteins. Molecules, 27, 3746.
- Esmaceli A, Najaphy A and Kahrizi D. 2022. Evaluation of drought tolerance in Camelina (*Camelina sativa*) doubled haploid lines using selection index of ideal genotype (SIIG). Journal of Crop Breeding, 14(44): 199-210. doi: 10.52547/jcb.14.44.199 URL: <http://jcb.sanru.ac.ir/article-1-1364-fa.html>. (In Persian with English Abstract).
- Farshadfar E and Sutka J 2002. Screening drought tolerance criteria in maize. Acta Agronomica Hungarica, 50(4): 411-416.
- Fernandez GCJ. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of on the Symposium Taiwan, August 13-18. 25: 257-270.
- Fischer RA and Maurer R. 1978. Drought Resistance in Spring Wheat Cultivars. I. Grain Yield Responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
- Ghasemi M and Farshadfar E. 2015. Screening drought tolerant genotypes in wheat using multivariate and stress tolerance score methods. International Journal of Biosciences, 6 (1): 326-333.
- Ganjeali A., Kafi, M., Bagheri, A. and Shahriari, F. (2005). Screening for drought tolerance in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Field Crop Research, 3 (1): 103-122. (In Persian with English Abstract).
- Ganjeali, A, Joveynipou S and Porsa H. 2011. Selection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotypes in Neyshabour region, 2 (1): 27-38. (In Persian with English Abstract).
- Habib I, Shahzad K, Rauf M, Ahmad M, Alsamadany, H, Fahad S, and Saeed, N.A. (2022). Dehydrin responsive HVA1 driven inducible gene expression enhanced salt and drought tolerance in wheat. Plant Physiology and Biochemistry, 180: 124-133.
- Ksiezak J and Bojarszczuk J. 2020. The effect of cropping method and botanical form on seed yielding and chemical composition of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) grown under organic system. Agronomy, 10, 801.
- Kakaei M. 2019. Evaluation of Terminal Drought Stress Tolerance in Lentil (*Lens culinaris*). Journal of Crop Production and Processing, 8(4): 59-71. URL: <http://jcnp.iut.ac.ir/article-1-2770-fa.html> (In Persian with English Abstract).
- Kakaei M. 2019. Evaluation of diversity of bread wheat genotypes under different moisture conditions using diverse statistical methods. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12 (1): 55-74. (In Persian with English Abstract).

- Kakaei M. 2019. Study of relationship among seed proteins pattern with quantitative traits in some of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivar. Iranian journal of pulses Reasearch, 10 (1): 12-27. (In Persian with English Abstract).
- Kakaei M. 2023. Selection of Old and New Varieties of Bread Wheat Tolerant to Drought Stress after the Flowering Stage. Journal of Crop Breeding, 15 (46): 189-197. URL: <http://jcb.sanru.ac.ir/article-1-1418-fa.html> (In Persian with English Abstract).
- Kakaei, M and Moosavi, SS. 2017. Assessing genetic diversity and selection of effective traits on yield of Chickpea lines using multivariate statistical methods. Environmental Sciences, 15 (2): 21-38. (In Persian with English Abstract).
- Kakaei M, Zebarjadi A, Mostafaie A and Rezaeizad A. 2009. Determination of drought tolerant genotypes in *Brassica napus* L. based on drought tolerance indices. Electronic Journal of Crop Production, 3 (4): 107-124. (In Persian with English Abstract).
- Kakaei M, Mazahery laghab H, Zebarjadi AR and Mahdavi Damghani AM. 2012. Evaluation of tolerance to drought stress in some bread wheat genotypes. Plant Production Technology, 4 (1): 1-14. (In Persian with English Abstract).
- Lin CS, Binns MR and Lefkovitch LP. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Science, 26: 894-900.
- Moosavi SS, Yazdi Samadi B, Naghavi MR, Zali AA, Dashti H and Pourshahbazi A. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert Journal, 12: 165-178.
- Rani A, Devi P, Jha UC, Sharma KD, Siddique KH and Nayyar H. 2020. Developing climate-resilient chickpea involving physiological and molecular approaches with a focus on temperature and drought stresses. Frontiers in Plant Science, 10, 1759.
- Rosielle AA and Hamblin H. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science, 21: 943-946.
- Sardouie-Nasab S, Mohammadi-Nejad Gh and Nakhoda B. 2014. Field screening of salinity tolerance in Iranian Bread Wheat Lines. Crop Science, 54: 1489-1496.
- Shahzad A, Gul H, Ahsan M, Wang D and Fahad S. 2023. Comparative genetic evaluation of maize inbred lines at seedling and maturity stages under drought stress. Journal of Plant Growth Regulation, 42: 989-1005.
- Shabani A, Zebarjadi A, Mostafaie A, Saeidi M and Poordad, S. 2018. Evaluation of drought stress tolerance in promising lines of chickpea (*Cicer arietinum* L.) using drought resistance indices, 11 (2): 289-299. (In Persian with English Abstract).
- Seyedi SJ, Nabipour AR and Vazan, S. 2013. Defining selection indices for drought tolerance in chickpea under terminal drought stresses. Journal of Crop Breeding, 5 (11): 98-114. (In Persian with English Abstract).
- Tiwari PN, Sapre S, Babbar A, Tripathi N, Tiwari S and Tripathi MK. 2023. Screening and selection of drought-tolerant high-yielding Chickpea genotypes based on physio-biochemical selection indices and yield trials. Life (Basel). 13 (6): 1405. doi: 10.3390/life13061405. PMID: 37374187; PMCID: PMC10302310.
- Ucak AB and Arslan H. 2023. Drought stress resistance indicators of chickpea varieties grown under deficit irrigation conditions. Peer J, 11:e14818. <http://doi.org/10.7717/peerj.14818>.
- Varol IS, Kardes YM, Irik HA, Kirnak H and Kaplan M. 2020. Supplementary irrigations at different physiological growth stages of chickpea (*Cicer arietinum* L.) change grain nutritional composition. Food Chemistry, 303: 125402.