University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

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

Vol. 16, No. 4, pp. 931-948 (Winter 2024)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5191.2118

Original article

Evaluation of response to direct and indirect selection of agronomic and reproductive stages characteristics in water deficiency stress conditionin soybean (*Glycinemax* L.)

H.RBabaei*

Research Assistant of Professor of Horticulture Crops Research Department,Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

Received 9March2022; Accepted 24 July 2022

Extended abstract

Introduction

Selection efficiency requires complete and accurate knowledge of genetic parameters such as heritability, phenotypic and genotypic variation coefficient, environmental variance, selection response, genetic gain, genetic and phenotypic variance, genetic and phenotypic correlation between traits that the breeder consciously chooses the appropriate selection method in breeding populations. In this study, some genetic parameters for yield and soybean agronomic and reproductive period characteristics under normal and stress conditions were estimated and drought tolerant genotypes are determined by the Ideal Genotype Selection Index (SIIG).

Materials and methods

In 2013, in an experimental farm in Karaj, 50 soybean genotypes were cultivated in two normal and drought stress conditions in a randomized complete block design with three replications. Irrigation cycle was determined based on the amount of evaporation from the surface of Class A pan. During the growth period, the reproductive period characteristics and after the ripening agronomic traits were evaluated. After collecting experimental data, analysis of variance, mean, minimum, maximum values of traits, heritability, phenotypic and genotypic variation coefficient, environmental variance, selection response, genetic gain, genetic and phenotypic variance, genetic and phenotypic correlation, and SIIG index method was used for grouping genotypes based on drought tolerance.

Results and discussion

Among the the reproductive period characteristics the highest and lowest genetic gain in normal conditions were 21.40 and 3.95% for day to the beginning of seed filling and the Reproductive relative duration respectively and in stress conditions were 21.9 and 7.3% for day to the beginning of seed filling and the Reproductive relative duration respectively.In normal conditions, the highest genetic gain was 0.52 for the number of pods per plant and the number of branches and the lowest genetic genetic gain was 0.14 for the number of nodes per stem. In stress conditions, the highest and lowest genetic gain were 104% and 0.14 for the number of pods per plant and the number of nodes per stem, respectively. In normal conditions, among the agronomic traits, the highest values of response to indirect selection of grain yield were 1.6 and 1.41 g, through 100-grain weight and number of seeds per plant respectively and in stress conditions, the highest values of response to indirect selection of grain yield were 1.04, 0.89

*Corresponding author: Hamid Reza Babaei; E-Mail: 30241hrbabaei@gmail.

© 2024, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

and 0.87, through The number of branches, number of seeds per plant and weight of 100 seeds were obtained respectively. Also, according to the Ideal Genotype Selection Index (SIIG), five genotypes were in the tolerant group, seven genotypes in the semi-tolerant group, 11 genotypes in the semi-susceptible group and 27 genotypes in the susceptible group. Roanak, Kabalovskaja and TMS genotypes were identified as the most drought tolerant and AGS 363, Hermen and Kuban as the most drought sensitive genotypes.

Conclusion

Based on the results, acceptable phenotypic and genotypic diversity in terms of agronomic traits was observed among the studied genotypes. Most of the genetic parameters measured were almost identical under both normal and stress conditions. The characteristics of the reproductive period had higher e selection response (direct and indirect), higher broadsense heretability and higher genetic gain than the agronomic characteristics. The highest indirect to direct selection efficiency for grain yield were obtained from number of seeds per plant and 100-seed weight under normal conditions,and The highest indirect to direct selection efficiencies were obtained from number of sub-branches, number of seeds per plant and 100-seed weight in stress conditions. Also in this study, based on the ideal genotype selection index (SIIG), Roanak, Kabalovskaja and TMS genotypes were identified as the most tolerant and AGS 363, Hermen and Kuban as the most sensitive genotypes.

Keywords: Agronomic traits, Genetic gain, Heritability, Reproductive stages trait, Selection efficiency, Selection index of ideal genotype

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5191.2118

مقاله پژوهشی

بررسی پاسخ به گزینش مستقیم و غیرمستقیم صفات زراعی و مراحل زایشی در شرایط تنش کم‌آبی در سویا (*Glycine max* L.)

حمیدرضا بابائی*

استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
پیشرفت ژنتیکی
شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل
صفات زراعی
صفات مراحل زایشی
کارایی گزینش
وراثت‌پذیری

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۵/۰۲

تاریخ انتشار:
زمستان ۱۴۰۲

۱۶(۴): ۹۳۱-۹۴۸

چکیده

کارایی گزینش مستلزم شناخت کامل و دقیق مؤلفه‌های ژنتیکی صفات زراعی در جمعیت‌های اصلاحی است. با هدف بررسی وراثت‌پذیری عمومی، پاسخ به گزینش مستقیم و غیرمستقیم،کارایی گزینش و پیشرفت ژنتیکی صفات زراعی و زایشی، در سال ۱۳۹۲ در کرج، ۵۰ ژنوتیپ سویا در دو محیط نرمال و تنش خشکی در قالبدو طرح بلوک‌های کامل تصادفی کشت گردید. در طول مراحل رشد، مراحل زایشی و پس از رسیدن محصول صفات زراعی ارزیابی و ثبت گردید. بر اساس نتایج حاصله اغلب مؤلفه‌های ژنتیکی در دو محیط نرمال و تنش مشابه بود. اکثر ژنوتیپ‌ها زودرس و متعلق به گروه رسیدن ۱ بودند. در بین خصوصیات مراحل زایشی بیشترین و کمترین میزان پیشرفت ژنتیکی در محیط نرمال ۲۱/۴۰ و ۳/۹۵ درصد و در محیط تنش ۲۱/۹ و ۷/۳ درصد به ترتیب مربوط به روز تا شروع پر شدن دانه و طول نسبی مراحل زایشی بود. در محیط نرمال بیشترین پیشرفت ژنتیکی ۰/۵۲ مربوط به تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه فرعی و کمترین پیشرفت ژنتیکی ۰/۱۴ مربوط به تعداد گره در ساقه بود. در محیط تنش نیز بیشترین و کمترین پیشرفت ژنتیکی ۰/۱۰۴ و ۰/۱۴ به ترتیب مربوط به تعداد غلاف در بوته و تعداد گره در ساقه بود. در بین صفات زراعی در شرایط نرمال بیشترین مقادیر پاسخ به گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه به میزان ۱/۶ و ۱/۴۱ گرم به ترتیب از طریق وزن صد دانه وتعداد دانه در بوته و در شرایط تنش به میزان ۱/۰۴، ۰/۸۹ و ۰/۸۷ از طریق تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه به دست آمد. همچنین بر اساس شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل، پنج ژنوتیپ در گروه متحمل، هفت ژنوتیپ در گروه نیمه متحمل، ۱۱ ژنوتیپ در گروه نیمه حساس و ۲۷ ژنوتیپ در گروه حساس قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های Roanak، Kabalovskaja و TMS به‌عنوان متحمل‌ترین و AGS 363، Hermen و Kuban به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند.

مقدمه

سویا (*Glycinemax* L.)به‌عنوان یک گیاه روغنی مهم به دلیل سازگاری بالا در دامنه وسیعی از عرض‌های جغرافیائی دنیا ازجمله ایران مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. در اغلب برنامه‌های اصلاحی پس از تلاقی بین ارقام والدینی و ایجاد جوامع اصلاحی، ژنوتیپ‌های مطلوب طی نسل‌های در حال تفرق بر اساس عملکرد و خصوصیات مهم زراعی مورد گزینش قرار می‌گیرند.کارایی گزینش مستلزم شناخت کامل و دقیق مؤلفه‌های ژنتیکی صفات زراعی است. وراثت‌پذیری، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی، واریانس محیطی، پاسخ به انتخاب، پیشرفت ژنتیکی، واریانس ژنتیکی و فنوتیپی، همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات برخی از مؤلفه‌های ژنتیکی هستند که بهنژادگر با آگاهی از آن‌ها روش گزینش مناسب صفات را انتخاب می‌کند (Babaei et al., 2012). در یک جمعیت اصلاحی ناهمگن انتخاب مستقیم صفاتی با

* نگارنده پاسخگو: حمیدرضا بابائی. پست الکترونیک: 30241hrbabaei@gmail.com

وراثت‌پذیری بالا مؤثرتر از صفاتی با وراثت‌پذیری پایین است. به‌طور مثال انتخاب مستقیم برای عملکرد در نسل‌های در حال تفرق به دلیل وراثت‌پذیری نسبتاً پائین آن چندان مؤثر نبوده و بهتر است انتخاب از طریق صفات همبسته با عملکرد به‌ویژه اجزاء اصلی آن صورت گیرد (Mahbub et al., 2015).

میزان عملکرد دانه نتیجه اثرات متقابل اجزا عملکرد و عوامل پویای رشدی است. برخی از عوامل نظیر وزن دانه و تعداد دانه در بوته به‌عنوان صفات سطح اول، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته به‌عنوان صفات سطح دوم، تعداد غلاف در گره زایا و تعداد گره زایا به‌عنوان صفات سطح سوم و درصد گره زایا در بوته و تعداد گره در ساقه اصلی به‌عنوان صفات سطح چهار همبسته با عملکرد محسوب می‌شوند (Board and Modali, 2005). عوامل پویای رشدی شامل مجموعه عوامل فیزیولوژیکی مرتبط با فتوسنتز، تنفس و ویژگی‌های مراحل رشد رویشی و زایشی از جمله سرعت رشد و تعداد روز تا مراحل مختلف زایشی هستند که منجر به تجمع ماده خشک در دانه می‌شوند. علاوه بر این برخی عوامل خارجی ازجمله تنش‌های زنده و غیرزنده نیز میزان عملکرد دانه را از طریق سرعت رشد و تعداد دانه در سویا تحت تأثیر قرار می‌دهند (Jiang and Egli, 1995). تیزریا و همکاران (Teixeira et al, 2017) در بررسی مؤلفه‌های ژنتیکی ۳۷ ژنوتیپ سویا گزارش کرده است که ارتفاع بوته، تعداد گره در مرحله گلدهی و رسیدن، تعداد غلاف در گره و تعداد غلاف در بوته بیشترین پاسخ غیرمستقیم برای افزایش عملکرد دانه را نشان دادند. در یک پژوهش بر روی ۳۶۰ ژنوتیپ نخود زراعی نشان داده شد که تعداد غلاف در بوته (۰/۷۴۵)، تعداد دانه در بوته (۰/۳۸۶) و وزن صد دانه (۰/۲۶۸) دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد بودند (Farshadfar et al., 2008).

بررسی‌ها نشان داده است برخی اجزا عملکرد به میزان قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند، درحالی‌که سایر اجزاء (عملکرد) تأثیرات ناچیزی از تنش را بروز می‌دهند (Board and Modali, 2005). به‌نژادگر با آگاهی از این موضوع و مؤلفه‌های ژنتیکی برای رسیدن اهداف موردنظر روش گزینش مؤثر (مستقیم یا غیرمستقیم) را بکار می‌گیرد. نتایج بسیاری از بررسی‌ها نشان داده است که تنش خشکی موجب کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه درغلاف، تعداد دانه در بوته، کاهش ارتفاع بوته، تعداد گره زایا، وزن دانه، درصد روغن و درنهایت عملکرد سویا (Liu, 2004; Kokuban et al., 2001). اصلاح ارقام زراعی که در شرایط بدون تنش عملکرد بالا و در محیط تنش از عملکرد قابل قبولی برخوردار باشند همواره از اهداف مهم اصلاحی بوده است. برای تشخیص چنین ژنوتیپ‌هایی شاخص‌های مختلفی توسط محققین معرفی شده است که بسته به روش محاسبه نتایج متفاوتی به دست می‌دهند و بر جنبه خاصی از توانائی و ویژگی ارقام تأکید دارند. به‌طور مثال شاخص حساسیت به خشکی که توسط فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) معرفی گردید تأکید بیشتر بر روی ارقامی با تحمل بیشتر در شرایط تنش داشته و عملکرد در محیط مطلوب را کمتر موردتوجه قرار می‌دهد. اخیراً شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل[1] (SIIG) توسط برخی از محققین مورداستفاده قرار گرفته است که با ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی معیاری معرفی می‌کند که تا حدود زیادی به هدف انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل برخوردار از عملکرد بالا در شرایط مطلوب و عملکرد رضایت‌بخش در شرایط تنش نزدیک است (Zali and Barati, 2021).

در این تحقیق برخی از مؤلفه‌های ژنتیکی ازجمله ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی، وراثت‌پذیری عمومی، همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی، میزان پیشرفت ژنتیکی حاصل از گزینش مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد و خصوصیات مراحل زایشی و زراعی ۵۰ ژنوتیپ سویا در شرایط مطلوب و تنش خشکی برآورد و ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی توسط شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) تعیین می‌شوند.

مواد و روش‌ها

با هدف بررسی پاسخ به گزینش مستقیم و غیرمستقیم خصوصیات زراعی و مراحل زایشی سویا در شرایط تنش خشکی، زمین آزمایشی در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در اواخر اردیبهشت سال ۱۳۹۲ با انجام عملیات زراعی معمول شامل شخم عمیق، دیسک، لولر جهت تسطیح، کوددهی به میزان موردنیاز خاک و ایجاد جوی و پشته آماده گردید. پس از آماده‌سازی زمین، نقشه دو آزمایش مجزا در دو محیط آبیاری نرمال و تنش کم‌آبی بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و هر تکرار شامل

[1] SIIG= Selection index of ideal genotype

۵۰کرت و هر کرت شامل دو ردیف سه متری به فاصله ردیف‌های ۶۰ سانتی‌متری پیاده شد و سپس بذور ۵۰ ژنوتیپ سویا در کرت‌های مربوطه کشت و بلافاصله آبیاری انجام شد. پس از استقرار گیاهچه‌ها فاصله بین بوته‌ها بر اساس ۷- ۵ سانتی‌متر تنک گردید. آبیاری در محیط نرمال پس از تبخیر ۶۰ میلی‌متر آب از سطح تشتک تبخیر کلاس A و در محیط تنش پس از تبخیر ۱۲۰ میلی‌متر آب از سطح تشتک انجام شد. به‌گونه‌ای که در مجموع از ابتدا تا مرحله رسیدن، آزمایش نرمال ۱۰ بار و آزمایش تنش ۵ بار آبیاری شدند. در طول فصل رشد تعداد روز تا هر یک از مراحل زایشی شامل شروع گلدهی، شروع غلاف بندی، شروع پر شدن دانه، پر شدن کامل دانه، شروع رسیدن، رسیدن کامل، طول مراحل پر شدن دانه (روز) و طول نسبی مراحل زایشی بر اساس نسبت تعداد روز از شروع گلدهی تا شروع رسیدن به تعداد روز از اولین آبیاری تا شروع رسیدن با استفاده از معیارهای فهر و کاوینس (Fehr and Caviness, 1977) یادداشت‌برداری شد. پس از مراحل رسیدن کامل صفات زراعی شامل ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف و پس از برداشت وزن صد دانه و عملکرد تک بوتهبر اساس متوسط پنج بوته نرمال اندازه‌گیری شد و عملکرد کرت پس از حذف حاشیه‌ها توزین و ثبت شد.بر روی داده‌های آماری حاصله تجزیه واریانس صفات در دو محیط نرمال و تنش انجام شد و علاوه بر میانگین و دامنه تغییرات صفات، واریانس‌های فنوتیپی[۲] و ژنوتیپی[۳] با استفاده ازرابطه ۱ و رابطه ۲ برآورد گردید

$$\delta_g^2=\frac{MSg-MSe}{r} \qquad [۱]$$

$$\delta_p^2=\delta_g^2+\frac{\delta_e^2}{r} \qquad [۲]$$

که MSg: میانگین مربعات ژنوتیپ،MS: میانگین مربعات خطا، δ^2_g: واریانس ژنتیکی، δ^2_p: واریانس فنوتیپی و δ^2_e: واریانس خطا است (Johnson et al., 1955). ضریب تغییرات فنوتیپ[۴] و ژنوتیپی[۵] ازرابطه ۳و رابطه ۴ (Falconer, 1989)، وراثت‌پذیری عمومی[۶] از رابطه ۵، پاسخ به انتخاب مستقیم[۷] از رابطه ۶ برآورد گردید.

$$PCV=\frac{\sqrt[2]{\delta_p^2}}{\bar{X}}\times 100 \qquad [۳]$$

$$GCV=\frac{\sqrt[2]{\delta_g^2}}{\bar{X}}\times 100 \qquad [۴]$$

$$h^2_{brd}=\frac{\delta_g^2}{\delta_p^2} \qquad [۵]$$

$$R=K\delta_p h_b^2 \qquad [۶]$$

که K: شدت گزینش[۸] ($K_{\%5}$ =۲/۰۶)، δp: انحراف معیار فنوتیپی و h_{2b}: وراثت‌پذیری عمومی است (Falconer, 1989).

برای محاسبه میانگین پیشرفت ژنتیکی[۹] صفات از رابطه ۷ استفاده شد که در آن RS: پاسخ به انتخاب است (Falconer, 1989).

$$GA=\frac{RS}{\bar{X}}\times 100 \qquad [۷]$$

برای محاسبه میزان پاسخ به انتخاب غیرمستقیم[۱۰] صفات از رابطه ۸ استفاده شد

$$CR=K\times h_{bi}h_{bj}\times\delta_{pj}\times r_g \qquad [۸]$$

که در آن h_{bi}: جذر وراثت‌پذیری عمومی صفت همبسته با صفت هدف، h_{bj}: جذر وراثت‌پذیری عمومی صفت هدف،δ_{pj}: انحراف معیار فنوتیپی صفت هدف و r_g: همبستگی دو صفت است (Falconer, 1989).

راندمان گزینش انتخاب غیرمستقیم به مستقیم[۱۱] برای عملکرد از رابطه ۹ استفاده شد (Falconer, 1989). برای برآورد همبستگی فنوتیپی[۱۲] از رابطه ۱۰ و همبستگی ژنتیکی[۱۳] از رابطه ۱۱ استفاده شد (Falconer, 1989).

$$\Delta_R=\frac{CR}{R} \qquad [۹]$$

$$r_p=\frac{\delta_{gij}+\frac{\delta_{eij}}{r}}{\sqrt[2]{\left[\delta_{gi}^2+\frac{\delta_{ei}^2}{r}\right]\times\sqrt[2]{\delta_{gj}^2+\frac{\delta_{ej}^2}{r}}}} \qquad [۱۰]$$

$$r_g=\frac{\delta_{gij}}{\sqrt[2]{\delta_{gi}^2+\delta_{gj}^2}} \qquad [۱۱]$$

[2] Phenotypic variance
[3] Genotypic variance
[4] Phenotypic variation coefficient
[5] Genotypic variation coefficient
[6] Broad sense heritability
[7] Direct and responses to the selection
[8] Selection intensity
[9] Genetic gain
[10] Direct and responses to the selection
[11] Indirect to direct selection efficiency
[12] Phenotypic corrolation
[13] Genotypic corrolation

جدول ۱. شاخص‌های تحمل به خشکی مورداستفاده و منابع مربوطه

Table 1. Drought tolerance indexes used and related references.

index	شاخص	Reference	منبع
$DI=\frac{Ysi \times \left(\frac{Ys}{Ypi}\right)}{Ys}$	شاخص مقاومت به خشکی Drought resistance index	(Bennani et al., 2017)	
$MRP=\frac{Ysi}{Ys}+\frac{Ypi}{Yp}$	میانگین عملکرد نسبی Mean relative performance	(Bennani et al., 2017)	
$HARM=2\times\frac{Ypi\times Ysi}{Ypi+Ysi}$	میانگین هارمونیک Harmonic mean of yield	(Fernandez, 1992)	
$REI=\frac{Ysi}{Ys}\times\frac{Ypi}{Yp}$	شاخص بازده نسبی Relative efficiency index	(Bennani et al., 2017)	
$RDI=\frac{Ysi}{Ypi}\div\frac{Ys}{Yp}$	شاخص نسبی خشکی Relative drought index	(Bennani et al., 2017)	
$GM=\frac{Ypi+Ysi}{Ypi-Ysi}$	میانگین طلائی Golden mean	(Bennani et al., 2017)	
$GMP=\sqrt{Ypi\times Ysi}$	میانگین هندسی تولید Geometric mean productivity	(Fernandez, 1992)	
$Tol=Ypi-Ysi$	شاخص تحمل به خشکی drought tolerance index	(Rosielle and Hamblin, 1981)	
$K_1MSTI=\frac{Y_{pi}^2}{Y_p^2}\times STI$	شاخص تحمل به تنش تعدیل‌یافته ۱ Modified stress tolerance index 1	(Farshadfar et al., 2018)	
$SDI=\frac{Ypi-Ysi}{Ypi}$	شاخص تنش خشکی Stress drought index	(Farshadfar et al., 2018)	
$K_2MSTI=\frac{Y_{si}^2}{Y_s^2}\times STI$	شاخص تحمل به تنش تعدیل یافته ۲ Modified stress tolerance index 2	(Farshadfar et al., 2018)	
$SSI=\left(1-\frac{Ysi}{Ypi}\right)/(1-\frac{Ys}{Yp})$	شاخص حساسیت به تنش Stress susceptibility index	(Fernandez, 1992)	
$SSPI=\frac{Ypi-Ysi}{2\times Yp}\times 100$	شاخص درصدحساسیت به تنش Stress susceptibility percentage index	(Moosavi et al., 2008)	
$MP=\frac{(Ypi+Ysi)}{2}$	میانگین تولید Mean productivity	(Rosielle and Hamblin, 1981)	
$SNPI=\sqrt[3]{\frac{Ypi+Ysi}{Ypi-Ysi}}\times\sqrt[3]{Ypi\times Ysi\times Ysi}$	شاخص تولید در محیط تنش و غیر تنش Stress/non stress production index	(Moosavi et al.,2008)	
$STI=\frac{Ypi\times Ysi}{Yp^2}$	شاخص تحمل به تنش Stress tolerance index	(Fernandez, 1992)	
$ATI=(\frac{Ypi-Ysi}{YP-YS})\times\sqrt{Ypi\times Ysi}$	شاخص تحمل به تنش غیرزنده Abiotic stress tolerance index	(Moosavi et al., 2008)	
$YSI=\frac{Ysi}{Ypi}$	شاخص پایداری عملکرد Yield stability index	(Farshadfar et al. 2018)	
$RI=\frac{Ypi-Ysi}{Ys}\times 100$	شاخص درصد کاهش Reduction percentage index	(Choukan et al., 2006)	
$YI=\frac{Ysi}{Ys}$	شاخص عملکرد Yield index	(Farshadfar et al. 2018)	

Ypi و Ysi = به ترتیب عملکرد ژنوتیپ در محیط نرمال و تنش، Yp و Ys= به ترتیب میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط نرمال و تنش

Tpi and Ysi= Genotype yield in normal and stress environments respectively,Yp & Ys =Mean yield of all genotypes in normal and stress environment, respectively

برای برآورد میزان تحمل ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش کم‌آبی ابتدا ۲۰ شاخص متداول تحمل به خشکی (جدول ۱) محاسبه و سپس با ادغام مقادیر شاخص‌ها به روش زالی و براتی (Zali and Barati, 2020) مقدار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل SIIG به دست آمد. سپس بر اساس معیار: متحمل (SIIG ≥ ۰/۷۵)، نیمه متحمل (۰/۷۵ ≥ SIIG ≥ ۰/۵۰)، نیمه حساس (۰/۵۰ ≥ SIIG ≥ ۰/۲۵) و حساس (SIIG ≤ ۰/۲۵) ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی گروه‌بندی شدند. در این پژوهش برای محاسبه کلیه تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای آماری MSTATC و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

دامنه تغییرات و ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی

نتایج تجزیه واریانس در شرایط نرمال و تنش بیانگر اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های موردبررسی در سطح احتمال ۱ درصد از حیث کلیه صفات بود (جدول ۲). دامنه تغییرات روز تا رسیدن کامل ژنوتیپ‌ها در محیط نرمال از ۸۸ تا ۱۲۶ با میانگین ۹۷ روز و در محیط تنش از ۸۴ تا ۱۱۳ با میانگین ۹۵ روز بود. این نتیجه نشان داد ژنوتیپ‌های مورد بررسی از گروه‌های رسیدن: ۱ (۸۵ تا ۱۰۰ روزه)،۲ (۱۰۱ تا ۱۱۵ روزه) و ۳ (۱۱۶ تا ۱۲۵ روزه) بودند؛ اما میانگین ۹۷ روز نشان داد که اغلب ژنوتیپ‌ها، زودرس و متعلق به گروه رسیدن ۱ بودند (جدول ۲). نزدیک بودن میانگین روز تا رسیدن کامل در دو محیط (۹۷ و ۹۵ روز) نشان داد که تأثیر تنش بر روی تعداد روز تا رسیدن کامل ناچیز بوده است. در بین خصوصیات مراحل زایشی بیشترین مقادیر ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در شرایط نرمال به ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۱۸ و در تنش ۰/۱۸ و ۰/۱۱ هر دو مربوط به طول مراحل پر شدن دانه بود. همچنین کمترین مقادیر ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در شرایط نرمال به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۰۳ و در شرایط تنش به ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۰۴ مربوط به طول نسبی مراحل زایشی بود (جدول ۲). در بین خصوصیات زراعی بیشترین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در شرایط نرمال به ترتیب به میزان ۰/۴۳ و ۰/۳۰ مربوط به تعداد دانه در بوته بود. در شرایط تنش نیز بیشترین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی به میزان ۰/۶۹ و ۰/۵۵ مربوط به تعداد غلاف در بوته بود. همچنین کمترین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در شرایط نرمال به میزان ۰/۱۰ و ۰/۰۸ و در شرایط تنش ۰/۱۵ و ۰/۰۹ هر دو مربوط به تعداد گره در ساقه بود (جدول ۲). این نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های موردبررسی از نظر کلیه خصوصیات مراحل زایشی از تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی کم و از نظر برخی خصوصیات زراعی نظیر تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه از تنوع متوسط یا زیاد و برای سایر صفات از تنوع کم برخوردار بودند (جدول ۲).

وراثت‌پذیری عمومی

در بین خصوصیات مراحل زایشی در شرایط نرمال بیشترین وراثت‌پذیری عمومی ۰/۹۸ مربوط به روز تا شروع پر شدن دانه و شروع غلاف بندی و کمترین وراثت‌پذیری عمومی با ۰/۳۹ مربوط به طول نسبی مراحل زایشی بود. در شرایط تنش بیشترین مقادیر وراثت‌پذیری عمومی با ۰/۹۵ و ۰/۹۴ به ترتیب مربوط به روز تا شروع پر شدن دانه و شروع غلاف بندی بود که بیانگر تشابه نتایج حاصل در دو محیط است. کمترین وراثت‌پذیری عمومی در شرایط تنش نیز با ۰/۳۸ مربوط طول مراحل پر شدن دانه بود (جدول ۲).

وراثت‌پذیری طول مراحل پر شدن دانه از ۰/۷۷ در شرایط نرمال به ۰/۳۸ در شرایط تنش کاهش یافته است. این نتیجه بیانگرتأثیر بالای عوامل محیطی روی طول مراحل پر شدن دانه خواهد بود. مقایسه وراثت‌پذیری خصوصیات مراحل زایشی در دو محیط نرمال و تنش نشان داد که به‌جز طول مراحل پر شدن دانه سایر مقادیر مشابه بوده و در گروه صفات با وراثت‌پذیری بالا قرار گرفتند. ویانا و همکاران (Vianna et al., 2019) وراثت‌پذیری عمومی روز تا رسیدن و روز تا گلدهی سویا را به ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۹۱ و کازوانترو (Kuswantoro, 2017) ۰/۸۹ و ۰/۹۲ گزارش کردند. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2015) در ارزیابی ۳۰۹ ژنوتیپ سویا وراثت‌پذیری تعداد روز تا گلدهی، روز تا رسیدن، طول مراحل زایشی از گلدهی تا رسیدن و ارتفاع بوته را به ترتیب ۹۵/۶، ۹۴/۲، ۹۲/۲ و ۸۲/۸ درصد گزارش کرده‌اند. در بین صفات زراعی بیشترین و کمترین وراثت‌پذیری عمومی در محیط نرمال ۰/۹۱ و ۰/۴۰ و در محیط تنش ۰/۹۲ و ۰/۳۹ به ترتیب مربوط به وزن صد دانه و عملکرد تک بوته بود که نشان‌دهنده تشابه نتایج حاصله بود. در بررسی‌های مختلف وراثت‌پذیری عمومی عملکرد از ۰/۵۲ تا ۰/۹۶ و وزن صد دانه از ۰/۳۲ تا ۰/۹۸ گزارش شده است (Kuswantoro, 2017; Aditya et al., 2011; Mahbub et al., 2015; Soares et al.,2020).

پاسخ به گزینش

در بین خصوصیات مراحل زایشی در شرایط نرمال بیشترین و کمترین مقادیر پاسخ مستقیم به گزینش ۱۳/۸۸ و ۰/۰۲ به ترتیب مربوط به تعداد روز تا شروع پر شدن دانه و طول نسبی مراحل زایشی و در شرایط تنش بیشترین و کمترین میزان پاسخ مستقیم به گزینش ۱۰/۸۶ و ۰/۰۳ به ترتیب مربوط به تعداد روز تا شروع پر شدن دانه و طول نسبی مراحل زایشی بود (جدول ۳). بر این اساس بیشترین و کمترین میزان پیشرفت ژنتیکی در محیط نرمال ۲۱/۴۰ و ۳/۹۵ درصد و در محیط تنش ۲۱/۹ و ۷/۳ درصد به ترتیب مربوط روز تا شروع پر شدن دانه و طول نسبی مراحل زایشی بود (شکل ۱).

جدول ۲.مؤلفه‌های آماری و ژنتیکی خصوصیات مراحل زایشی و زراعی ژنوتیپ‌های سویا

Table 2. Statistical and genetic parameters of agronomic and reproductive stages characteristics of soybean genotypes

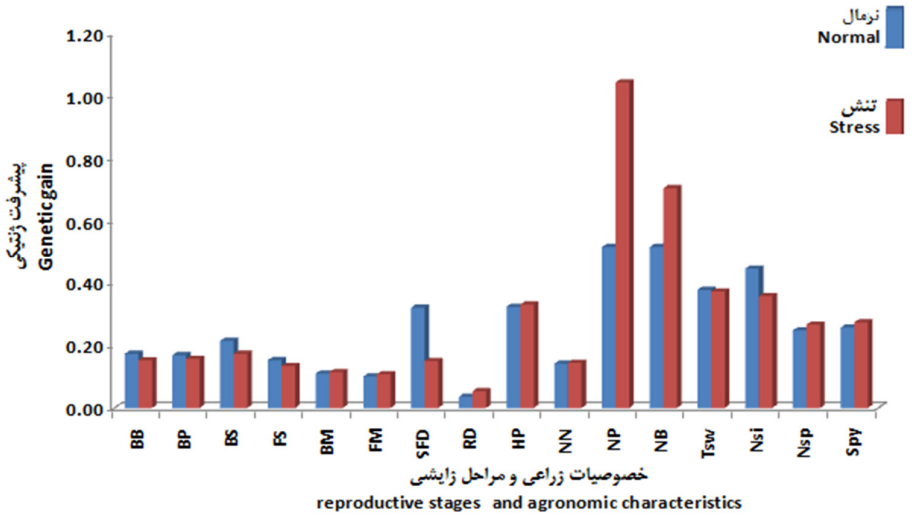
	BB	BP	BS	FS	BM	FM	SFD	RD
نرمال Normal								
ژنوتیپ (میانگین مربعات) Genotype (MS)	50.2^{**}	62.8^{**}	141.2^{**}	112.0^{**}	102.6^{**}	102.8^{**}	23.3^{**}	0.002^{**}
خطا(میانگین مربعات) Error (MS)	6.7	1.5	2.5	6.3	18.6	19.4	5.3	0.0014
میانگین Mean	42	54	65	78	90	97	14	0.56
دامنه تغییرات Variation range	32-60	46-73	57-91	70-104	81-119	88-126	8-20	0.5-0.7
واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	16.6	20.9	47.1	37.3	34.2	34.3	7.8	0.001
واریانس ژنتیکی Genotypic variance	14.5	20.1	46.2	35.2	28.01	27.8	5.9	0.0003
ضریب تنوع فنوتیپی Phenotypic variation coefficient	0.10_L	0.08_L	0.11_L	0.08_L	0.06_L	0.06_L	0.20_L	0.05_L
ضریب تنوع ژنتیکی Genotypic variation coefficient	0.09_L	0.08_L	0.10_L	0.08_L	0.06_L	0.05_L	0.18_L	0.03_L
وراثت پذیری عمومی Broadsenes heritability	0.87_H	0.96_H	0.98_H	0.94_H	0.82_H	0.81_H	0.77_H	0.39_M
تنش Stress								
ژنوتیپ (میانگین مربعات) Genotype (MS)	48.5^{**}	56.0^{**}	91.9^{**}	95.4^{**}	94.1^{**}	97.3^{**}	20.1^{**}	0.003^{**}
خطا(میانگین مربعات) Error (MS)	12.4	3.2	4.4	10.5	13.6	13.0	12.4	0.002
میانگین Mean	41	54	63	77	87	95	14	0.56
دامنه تغییرات Variation range	36-55	44-71	54-72	67-99	77-105	84-113	7-22	0.5-0.6
واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	16.2	18.7	30.6	31.8	31.4	32.4	6.7	0.001
واریانس ژنتیکی Genotypic variance	12.03	17.6	29.2	28.3	26.86	28.10	2.6	0.0004
ضریب تنوع فنوتیپی Phenotypic variation coefficient	0.10_L	0.08_L	0.09_L	0.07_L	0.06_L	0.06_L	0.18_L	0.05_L
ضریب تنوع ژنتیکی Genotypic variation coefficient	0.09_L	0.08_L	0.09_L	0.07_L	0.06_L	0.06_L	0.11_L	0.04_L
وراثت پذیری عمومی Broadsenes heritability	0.74_H	0.94_H	0.95_H	0.89_H	0.86_H	0.87_H	0.38_M	0.45_M

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

	BB	BP	BS	FS	BM	FM	SFD	RD
نرمال Normal								
ژنوتیپ (میانگین مربعات) Genotype (MS)	281.7**	4.4**	430.7**	2.5**	20.5**	1272.5**	0.5**	22.7**
خطا(میانگین مربعات) Error (MS)	41.5	1.3	134.0	0.6	1.8	630.3	0.2	13.6
میانگین Mean	52.7	12.7	32.9	2.7	13.0	48.1	2.1	8.8
دامنه تغییرات Variation range	26.7-75.4	9.6-15.4	19-94.5	0.9-5.3	6.4-24.7	41.9-146.9	0.7-3.7	3.8-20.2
واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	93.9	1.5	143.6	0.8	6.8	424.2	0.2	7.6
واریانس ژنتیکی Genotypic variance	80.1	1.04	98.9	0.6	6.2	214.1	0.1	3.01
ضریب تنوع فنوتیپی Phenotypic variation coefficient	0.18_L	0.10_L	0.36_M	0.34_M	0.20_L	0.43_M	0.19_L	0.31_M
ضریب تنوع ژنتیکی Genotypic variation coefficient	0.17_L	0.08_L	0.30_M	0.29_M	0.19_L	0.30_M	0.15_L	0.20_L
وراثت پذیری عمومی Broadsenes heritability	0.85_H	0.71_H	0.69_H	0.75_H	0.91_H	0.50_M	0.64_H	0.40_M
تنش Stress								
ژنوتیپ (میانگین مربعات) Genotype (MS)	267.4**	5.2**	704.9**	3.6**	16.7**	857.9**	0.4**	11.0**
خطا(میانگین مربعات) Error (MS)	72.9	2.0	112.9	0.5	1.3	445.4	0.1	6.7
میانگین Mean	43.0	11.6	25.4	2.7	12.1	47.1	2.0	6
دامنه تغییرات Variation range	26.7-69.6	8.8-16.1	11.6-115	1.3-7.9	5.8-21.2	21.8-90.8	0.8-2.6	2.1-11.4
واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	89.14	1.73	234.95	1.19	5.58	285.97	0.12	3.65
واریانس ژنتیکی Genotypic variance	64.8	1.1	197.3	1.02	5.2	137.5	0.1	1.4
ضریب تنوع فنوتیپی Phenotypic variation coefficient	0.22_L	0.11_L	0.60_H	0.41_M	0.20_L	0.36_M	0.18_L	0.34_M
ضریب تنوع ژنتیکی Genotypic variation coefficient	0.19_L	0.09_L	0.55_H	0.37_M	0.19_L	0.25_M	0.15_L	0.21_L
وراثت پذیری عمومی Broadsenes heritability	0.73_H	0.62_H	0.84_H	0.85_H	0.92_H	0.48_M	0.72_H	0.39_M

خصوصیات مراحل زایشی شامل BB: روز تا گلدهی، BP: روز تا غلاف بندی، BS: روز تا شروع پر شدن دانه، FS: روز تا پر شدن کامل دانه، BM: روز تا شروع رسیدن، FM: روز تا رسیدن کامل، SFD: طول مراحل پر شدن دانه (روز)، RD: طول نسبی مراحل زایشی، صفات زراعی شامل: PH: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، NN: تعداد گره در ساقه، NP: تعداد غلاف در بوته، NB: تعداد شاخه فرعی، SW: وزن صد دانه (گرم)، NS: تعداد دانه در بوته، NSP: تعداد دانه در غلاف، SYP: عملکرد تک بوته (گرم)؛ ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی (کم < ۰/۲۵، ۰/۲۵ ≤ متوسط ≤ ۰/۵۰ و زیاد > ۰/۵۰)، وراثت‌پذیری عمومی ((کم < ۰/۳۰، ۰/۳۰ ≤ متوسط ≤ ۰/۶۰ و زیاد > ۰/۶۰)،

Reproductive period characteristicsIncluding:BB: day to beginning bloom, BP: day to beginning pod, BS: day to beginning seed filling, FS: day to full seed, BM: day to beginning maturity, FM: day to full maturity, SFD: seed fill duration (days), RD: Reproductive relative duration, and agronomic triats including: PH: plant height, NN: number of nodes, NP: number of pods, NB: number of branches, SW: 100 seed weight (g), NS: no.of seed per plant, NSP: no.of seed per pod, SYP: seed yield per plant (g); Phenotypic and Genotypic variation coefficient (L < 0.25, 0.25 ≤ M ≤ 0.50 and H > 0.50), Broadsenes heritability (L < 0.30, 0.30 ≤ M ≤ 0.60 and H > 0.60),



شکل ۱. پیشرفت ژنتیکی حاصل از گزینش مستقیم خصوصیات مراحل زایشی وزراعی در محیط نرمال و تنش (آبی= نرمال و قرمز= تنش). BB: روز تا گلدهی، BP: روز تا غلاف بندی، BS: روز تا شروع پر شدن دانه، FS: روز تا پر شدن کامل دانه، BM: روز تا شروع رسیدن، FM: روز تا رسیدن کامل،SFD: طول مراحل پر شدن دانه (روز)، RD: طول نسبی مراحل زایشی، PH: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، NN: تعداد گره در ساقه، NP: تعداد غلاف در بوته،NB: تعداد شاخه فرعی، SW: وزن صد دانه (گرم)،NS: تعداد دانه در بوته، NSP: تعداد دانه در غلاف، SYP: عملکرد تک بوته (گرم).

Fig. 1. Genetic gain resulting from direct selection of agronomic and reproductive period characteristics in normal and stress environments (Blue= normal & Red = Stress); BB: day to beginning bloom, BP: day to beginning pod, BS: day to beginning seed, FS: day to full seed, BM: day to beginning maturity, FM: day to full maturity, SFD: seed fill duration (days)RD: Reproductive relative duration, PH: plant height, NN: number of nodes, NP: number of pods, NB: number of branches, SW: 100 seed weight (g), NS: no.of seed per plant, NSP: no.of seed per pod, SYP: seed yield per plant (g).

جدول ۳. پاسخ مستقیم و غیرمستقیم† به انتخاب خصوصیات مراحل زایشی و زراعی در شرایط نرمال و تنش

Table 3. Direct and indirect responses† to the selection of agronomic and reproductive stages characteristics under normal and stress conditions

Normal	BB	BP	BS	FS	BM	FM	SFD	RD
BB	7.30	7.47	10.25	8.74	8.98	8.96	-1.51	-0.03
BP	6.68	9.05	11.99	10.71	9.66	9.59	-1.28	-0.02
BS	6.12	7.99	13.88	11.33	9.91	9.88	-2.55	-0.02
FS	5.86	8.02	12.72	11.87	10.13	10.10	-0.85	-0.01
BM	6.29	7.56	11.63	10.58	9.86	9.73	-1.04	-0.02
FM	6.27	7.49	11.58	10.54	9.72	9.79	-1.04	-0.02
SFD	-2.22	-2.10	-6.28	-1.86	-2.19	-2.18	4.42	0.01
RD	-4.24	-3.59	-3.88	-2.62	-3.51	-3.54	1.25	0.02
HP	1.96	4.33	7.51	8.60	6.57	6.57	1.09	0.01
NN	1.58	3.89	6.83	6.69	4.52	4.48	-0.13	0.004
NP	2.19	2.88	3.27	1.69	0.63	0.58	-1.58	-0.02
NB	-0.43	-0.20	-2.27	-2.48	-3.06	-3.06	-0.21	-0.01
SW	-2.01	-2.20	-0.64	-2.01	-0.94	-0.93	-1.37	0.02
NS	-0.64	-0.10	0.44	-0.02	-0.10	-0.13	-0.46	0.01
NSP	-0.98	-1.02	-0.86	-0.07	0.93	0.89	0.79	0.01
SYP	-2.20	-1.33	0.16	-0.80	-0.52	-0.57	-0.96	0.02
Stress	**BB**	**BP**	**BS**	**FS**	**BM**	**FM**	**SFD**	**RD**
BB	6.16	7.10	9.24	8.08	7.46	7.41	-1.15	-0.03
BP	6.61	8.39	9.61	8.98	8.73	8.92	-0.63	-0.02
BS	6.71	7.50	10.86	10.21	10.13	10.35	-0.64	-0.02
FS	5.76	6.88	10.03	10.34	10.21	10.37	0.31	-0.01
BM	5.36	6.73	10.01	10.28	9.88	10.10	0.27	-0.007
FM	5.23	6.77	10.06	10.27	9.93	10.16	0.20	-0.005
SFD	-1.79	-1.05	-1.38	0.67	0.58	0.44	2.05	0.02
RD	-3.46	-3.45	-3.54	-1.75	-1.29	-0.99	1.79	0.03
HP	2.54	3.64	5.69	5.72	5.02	5.18	0.02	-0.001
NN	2.98	4.35	5.39	4.26	3.12	3.31	-1.13	-0.01
NP	3.31	4.24	3.57	1.50	1.52	1.67	-2.07	-0.03
NB	2.59	3.44	2.22	0.79	0.45	0.45	-1.43	-0.02
SW	-2.36	-2.78	-2.71	-3.36	-2.26	-2.07	-0.65	0.01
NS	1.23	3.23	2.13	1.40	1.13	1.24	-0.73	-0.01
NSP	-2.22	-1.11	-1.35	-0.004	0.85	0.87	1.35	0.03
SYP	-0.80	0.90	0.03	-0.69	-0.38	-0.10	-0.72	0.01

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

Normal	HP	NN	NP	NB	SW	NS	NSP	SYP
BB	4.64	0.47	6.41	-0.10	-1.28	-3.23	-0.10	-1.48
BP	9.17	1.03	7.54	-0.04	-1.26	-0.46	-0.09	-0.80
BS	10.61	1.21	5.72	-0.30	-0.24	1.31	-0.05	0.06
FS	13.64	1.33	3.32	-0.37	-0.86	-0.08	-0.005	-0.36
BM	10.89	0.94	1.30	-0.48	-0.42	-0.34	0.06	-0.24
FM	10.87	0.93	1.19	-0.48	-0.41	-0.45	0.06	-0.27
SFD	3.78	-0.06	-6.80	-0.07	-1.29	-3.41	0.11	-0.95
RD	3.67	0.20	-7.87	-0.31	1.42	4.28	0.20	1.89
HP	17.02	1.35	-1.84	-0.45	-0.67	1.94	0.10	0.31
NN	10.76	1.76	7.76	0.10	-1.83	8.10	-0.08	0.33
NP	-1.48	0.79	17.00	0.91	-1.55	7.95	-0.34	0.02
NB	-4.72	0.14	11.95	1.41	-0.63	5.94	-0.31	0.28
SW	-2.47	-0.85	-7.11	-0.22	4.92	-12.09	-0.16	1.60
NS	0.91	0.48	4.62	0.26	-1.53	21.41	0.23	1.41
NSP	2.49	-0.24	-10.05	-0.70	-1.06	11.82	0.53	0.32
SYP	1.09	0.15	0.08	0.09	1.53	10.58	0.05	2.26
Stress	**HP**	**NN**	**NP**	**NB**	**SW**	**NS**	**NSP**	**SYP**
BB	5.96	0.98	12.63	0.71	-1.39	5.17	-0.19	-0.38
BP	7.97	1.32	15.04	0.87	-1.52	12.65	-0.09	0.40
BS	9.71	1.28	9.88	0.44	-1.15	6.51	-0.09	0.01
FS	9.58	0.99	4.07	0.15	-1.41	4.21	-0.0003	-0.23
BM	8.46	0.73	4.16	0.09	-0.95	3.42	0.05	-0.13
FM	8.58	0.76	4.51	0.09	-0.86	3.69	0.05	-0.03
SFD	0.09	-0.57	-12.27	-0.60	-0.60	-4.75	0.18	-0.53
RD	-0.28	-0.63	-12.66	-0.86	1.04	-3.71	0.29	0.46
HP	14.15	0.90	0.21	-0.20	-0.36	0.84	-0.01	-0.14
NN	6.46	1.68	18.52	1.25	-1.50	15.25	-0.26	0.67
NP	0.13	1.59	26.52	1.83	-2.04	17.13	-0.38	0.43
NB	-1.76	1.51	25.64	1.92	-1.71	20.21	-0.35	1.04
SW	-1.43	-0.83	-13.22	-0.79	4.50	-13.33	0.05	0.87
NS	0.47	1.18	15.53	1.31	-1.862	16.75	-0.10	0.89
NSP	-0.16	-0.96	-16.56	-1.10	0.31	-4.66	0.52	-0.001
SYP	-0.71	0.46	3.44	0.59	1.07	7.91	-0.0002	1.53

خصوصیات مراحل زایشی: BB: روز تا گلدهی،BP: روز تا غلاف بندی،BS: روز تا شروع پر شدن دانه، FS: روز تا پر شدن کامل دانه، BM: روز تا شروع رسیدن،FM: روز تا رسیدن کامل،SFD: طول مراحل پر شدن دانه (روز)، RD: طول نسبی مراحل زایشی، صفات زراعی:PH: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، NN: تعداد گره در ساقه، NP: تعداد غلاف در بوته،NB: تعداد شاخه فرعی،SW: وزن صد دانه (گرم)،NS: تعداد دانه در بوته،NSP: تعداد دانه در غلاف، SYP: عملکرد تک بوته (گرم)،

† مقادیر روی قطر جدول (پررنگ) مربوط به پاسخ مستقیم و سایر مقادیر مربوط به پاسخ غیرمستقیم است

Reproductive period characteristics Including:BB: day to beginning bloom, BP: day to beginning pod, BS: day to beginning seed filling, FS: day to full seed, BM: day to beginning maturity, FM: day to full maturity, SFD: seed fill duration (days), RD: Reproductive relative duration, and agronomic triats including: PH: plant height, NN: number of nodes, NP: number of pods, NB: number of branches, SW: 100 seed weight (g), NS: no.of seed per plant, NSP: no.of seed per pod, SYP: seed yield per plant (g),

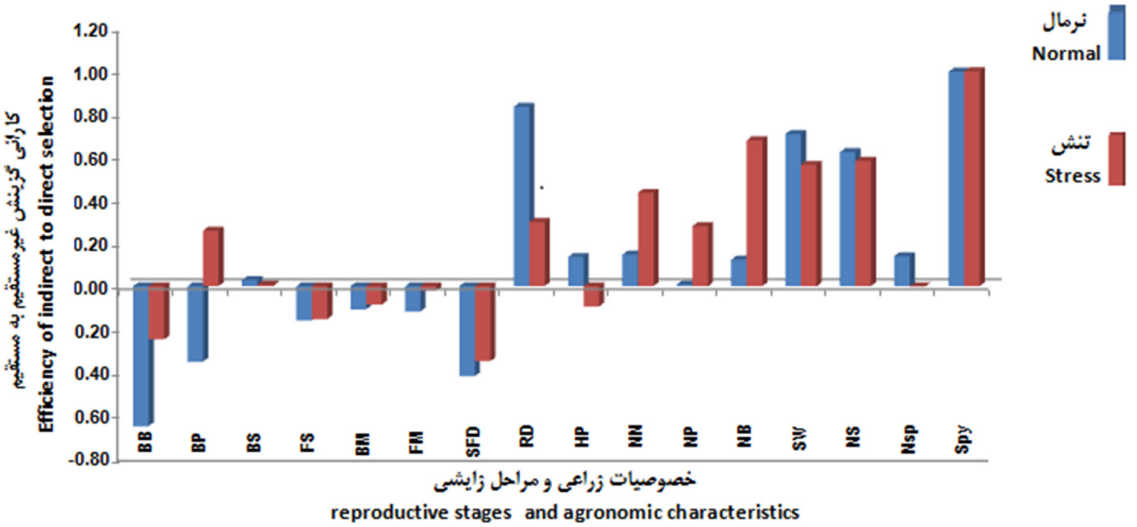
†.The values on the table diameter are the direct response and the other values are for the indirect response

مقایسه پاسخ به گزینش و پیشرفت ژنتیکی در محیط تنش و نرمال نشان داد که به‌جز طول مراحل پر شدن دانه سایر مقادیر مشابه بوده و تأثیر محیط تنش روی این صفات ناچیزاست. به‌طورکلی در این بررسی پیشرفت ژنتیکی خصوصیات مراحل زایشی بالا بود که بیانگر وراثت‌پذیری بالای این صفات است (جدول ۳). بنابراین می‌توان گفت که گزینش مستقیم این صفات در نسل‌های در حال تفرق سویا سودمند بوده و از کارایی بالای برخوردار است. محبوب و همکاران (Mahbub et al., 2015) میزان پاسخ به گزینش برای تعداد روز تا گلدهی و روز تا رسیدن در سویا را به ترتیب ۱۲/۷ و ۱۴/۷ و کازوانترو (Kuswantoro, 2017) به ترتیب ۴/۳ و ۳/۵ گزارش کردند. همچنین آدیتیا و همکاران (Aditya et al., 2011) میزان پاسخ به گزینش برای روز تا گلدهی ۴/۹۹ و مسفین (Mesfin, 2018) برای روز تا رسیدن ۶/۶ گزارش نمودند. مجایا و همکاران (Mejaya et al., 2022) میزان وراثت‌پذیری برای روز تا گلدهی و روز تا

رسیدن را در شرایط تنش به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۵۲ و میزان پاسخ به گزینش برای هر دو صفت ۱/۴ و پیشرفت ژنتیکی را به ترتیب ۴ درصد و ۱/۸ درصد گزارش کرده‌اند. در بین خصوصیات مراحل زایشی بیشترین مقدار پاسخ غیرمستقیم در محیط نرمال برای روز تا شروع پر شدن دانه از طریق روز تا پر شدن کامل دانه به میزان ۱۲/۷۲ روز و در محیط تنش برای روز تا رسیدن کامل از طریق روز تا پر شدن کامل دانه به میزان ۱۰/۳۷ روز به دست آمد (جدول ۳). بررسی و مقایسه کلی پاسخ غیرمستقیم خصوصیات مراحل زایشی (به جز طول مراحل پر شدن دانه و طول نسبی دوره زایشی) در هر دو محیط نرمال و تنش نشان داد که بیشترین پاسخ‌ها به گزینش غیرمستقیم از بین همین خصوصیات مراحل زایشی به دست آمد و خصوصیات زراعی پاسخ (غیرمستقیم) ضعیف‌تری به گزینش خصوصیات مراحل زایشی نشان دادندکه خود بیانگر کارایی بالای گزینش غیرمستقیم به مستقیم این صفات در هر دو محیط نرمال و تنش بود که مربوط به وراثت‌پذیری و همبستگی بالای فنوتیپی و ژنتیکی بین این صفات است (جدول ۳). در بین خصوصیات زراعی در شرایط نرمال بیشترین مقدار پاسخ مستقیم به گزینش ۲۱/۴۱ مربوط به تعداد دانه در بوته بود. در شرایط تنش نیز بیشترین پاسخ مستقیم به گزینش ۲۶/۵۲ مربوط به تعداد غلاف در بوته بود و تعداد دانه در بوته با ۱۶/۷۵ در رتبه بعدی قرار گرفت. کمترین مقدار پاسخ مستقیم به گزینش در شرایط نرمال و تنش به ترتیب ۰/۵۳ و ۰/۵۲ مربوط به تعداد دانه در غلاف بود (جدول ۳). این نتیجه نشان داد که افزایش تعداد دانه در بوته بیش از آنکه مربوط به افزایش تعداد دانه در غلاف باشد مربوط به افزایش تعداد غلاف در بوته بوده است. به عبارتی گزینش برای تعداد دانه در غلافدر یک جمعیت در حال تفرق سویا از بازدهی لازم برخوردار نخواهد بود. در این تحقیق میزان پاسخ به گزینش مستقیم عملکرد تک بوته در شرایط نرمال ۲/۲۶ گرم و در شرایط تنش ۱/۵۳ گرم بود. بر این اساس در محیط نرمال بیشترین پیشرفتژنتیکی ۰/۵۲ مربوط به تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه فرعی و کمترین پیشرفت ژنتیکی ۰/۱۴ مربوط به تعداد گره در ساقه بود. در محیط تنش نیز بیشترین پیشرفت ژنتیکی مربوط به تعداد غلاف در بوته با ۱۰۴ درصد و کمترین پیشرفت ژنتیکی مربوط به تعداد گره در ساقه با ۰/۱۴ بود (شکل ۱). بررسی‌های مختلف پیشرفت ژنتیکی گزینش مستقیم برای اجزاء عملکرد در سویا را از ۰/۱۱ تا ۰/۲۹ گزارش کرده‌اند (Aditya et al., 2011, Mesfin, 2018 and Soares et al., 2020). کازوانتورو (Kuswantoro, 2017) در بررسی مؤلفه‌های ژنتیکی سویا میزان پاسخ به گزینش برای تعداد روز تا گلدهی ۴/۳ روز، تعداد روز تا رسیدن ۳/۵ روز، ارتفاع بوته ۶/۴ سانتی‌متر،تعداد شاخه فرعی ۰/۱۰ عدد، تعداد گره زایا ۰/۶ واحد، تعداد گره زایا ۱/۸ واحد، وزن صد دانه ۱/۲ گرم و عملکرد تک بوته ۰/۰۳ گرم گزارش کرده است. مجایا و همکاران (Mejaya et al., 2022) میزان وراثت‌پذیری در شرایط تنش را برای ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و عملکرد تک بوته به ترتیب ۰/۶۸، ۰/۱۸، ۰/۴۸، ۰/۵۱، ۰/۸۰ و ۰/۲۴، پاسخ به گزینش را به ترتیب: ۱۳/۱، ۰/۴، ۵/۵۱، ۱۷/۲، ۳/۷ و ۰/۸۲ و پیشرفت ژنتیکی را به ترتیب ۲۳/۱، ۱۶/۷، ۳۵/۱، ۴۸/۳، ۲۲/۹ و ۷/۹ درصد گزارش کرده‌اند. بیشترین مقادیر پاسخ به گزینش غیرمستقیم در شرایط نرمال برای افزایش ارتفاع بوته از طریق روز تا پایان پر شدن دانه به میزان ۱۳/۶۴ سانتی‌متربه دست آمد (جدول ۳). سایر مقادیر پاسخ غیرمستقیم برای افزایش ارتفاع بوته از طریق روز تا شروع رسیدن، روز تا رسیدن کامل، روز تا شروع پر شدن دانه و روز تا شروع غلاف‌دهی به ترتیب به میزان ۱۰/۸۹، ۱۰/۸۷، ۱۰/۶۱ و ۹/۴۱ بود که بیانگر کارایی بالای گزینش غیرمستقیم به مستقیم برای افزایش ارتفاع بوته از طریق گزینش برای افزایش تعداد روز تا مراحل زایشی است (شکل ۲). درحالی‌که پاسخ غیرمستقیم برای افزایش ارتفاع بوته از طریق عملکرد در شرایط نرمال ۱/۰۹ سانتی‌متر بود. این نتیجه نشان داد که در ژنوتیپ‌های زودرس (گروه ۱) گزینش برای افزایش عملکرد تأثیر زیادی در افزایش ارتفاع بوته نخواهد داشت (جدول ۳). بیشترین مقادیر پاسخ به گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه در بین صفات زراعی در شرایط نرمال به میزان ۱/۶ و ۱/۴۱ گرم به ترتیب از طریق وزن صد دانه و تعداد دانه در بوته به دست آمد. کارایی گزینش غیرمستقیم به مستقیم این دو صفت نیز برای بهبود عملکرد دانه ۰/۷۱ و ۰/۶۲ گرم بود (شکل ۲). در شرایط تنش نیز بیشترین مقادیر پاسخ به گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه به میزان ۱/۰۴، ۰/۸۹ و ۰/۸۷ گرم به ترتیب از طریق تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه به دست آمد (جدول ۳). همچنین تعداد شاخه فرعی با ۰/۶۸، تعداد دانه در بوته با ۰/۵۸ و وزن صد دانه با ۰/۵۷ دارای بیشترین کارایی

گزینش غیرمستقیم به مستقیم برای عملکرد دانه بودند (شکل ۲).

تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه از اجزاء اصلی عملکرد دانه هستند که در هر دو محیط نرمال و تنش بیشترین پاسخ همبسته با گزینش عملکرد را داشتند، ولی تعداد شاخه فرعی فقط در محیط تنش از پاسخ بالائی برای گزینش عملکرد برخوردار بود. از آنجا که بخشی زیادی از غلاف‌هائی که روی هر بوته تشکیل می‌شود مربوط به شاخه‌های فرعی است. لذا با افزایش تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته و به‌تبع آن تعداد دانه در بوته افزایش خواهد یافت. همبستگی ژنتیکی بین تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته (۰/۹۶) نیز مؤید این موضوع است؛ بنابراین می‌توان گفت در شرایط تنش داشتن شاخه فرعی در سویا یک مزیت محسوب می‌شود و ژنوتیپ‌های برخوردار از این ویژگی شرایط تنش را بهتر از ارقام تک شاخه تحمل می‌کنند. نتایج مشابهی در خصوص اثر مثبت تعداد غلاف در بوته (Iqbal et al., 2003) و شاخه‌های فرعی (Nakawuka and Adipala, 1999) بر روی عملکرد دانه گزارش شده است. در برخی بررسی‌ها اثرات مثبت و معنی‌دار تعداد دانه در بوته بر روی عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش رطوبتی و نرمال گزارش شده است (Varnica et al., 2018, Kobraee and Shamsi, 2011). کالون (Kahlon, 2010) در بررسی روابط بین صفات زراعی با عملکرد دانه ارقام سویا، اثرات مستقیم ژنتیکی از طریق تجزیه مسیر برای صفات تعداد دانه در واحد سطح، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد غلاف در گره زایا، تعداد گره زایا، تعداد گره در واحد سطح و درصد گره زایا را به ترتیب: ۱/۲۲، ۰/۴۷، ۰/۳۲، ۰/۹۷، ۰/۳۸، ۱/۰۳، ۰/۹۰ و ۰/۳۱ گزارش نموده است. بیشترین مقادیر پاسخ همبسته با عملکرد از طریق خصوصیات مراحل زایشی در شرایط تنش به میزان ۰/۴۶ و ۰/۴۰ گرم به ترتیب مربوط به طول نسبی مرحله زایشی و تعداد روز تا غلاف‌دهی بود و سایر خصوصیات مراحل زایشی تأثیر منفی و ناچیز بر عملکرد داشتند. تأثیر اندک تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز از گلدهی تا رسیدن کامل بر عملکرد سویا توسط ماچیکووا و لائوسووان (Machikowa and Laosuwan, 2011) گزارش شده است.



شکل ۲. کارایی گزینش غیرمستقیم به مستقیم برای بهبود عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش (آبی= نرمال و قرمز= تنش).BB: روز تا گلدهی، BP: روز تا غلاف بندی، BS: روز تا شروع پر شدن دانه، FS: روز تا پر شدن کامل دانه، BM: روز تا شروع رسیدن، FM: روز تا رسیدن کامل،SFD: طول مراحل پر شدن دانه (روز)، RD: طول نسبی مراحل زایشی، PH: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، NN: تعداد گره در ساقه، NP: تعداد غلاف در بوته،NB: تعداد شاخه فرعی، SW: وزن صد دانه (گرم)،NS: تعداد دانه در بوته، NSP: تعداد دانه در غلاف، SYP: عملکرد تک بوته (گرم).

Fig. 2. Indirect to direct selection efficiency to improve grain yield in normal and stress conditions. (Blue = normal and Red = Stress); BB: day to beginning bloom, BP: day to beginning pod, BS: day to beginning seed, FS: day to full seed, BM: day to beginning maturity, FM: day to full maturity, SFD: seed fill duration (days),RD: Reproductive relative duration, PH: plant height, NN: number of nodes, NP: number of pods, NB: number of branches,SW: 100 seed weight (g),NS: no.of seed per plant,NSP: no.of seed per pod,SYP: seed yield per plant (g)

انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)

در این بررسی برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل پنج ژنوتیپ در گروه متحمل، هفت ژنوتیپ در گروه نیمه متحمل، ۱۱ ژنوتیپ در گروه نیمه‌حساس و ۲۷ ژنوتیپ در گروه حساس قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های Roanak، Kabalovskaja و TMS به ترتیب با بیشترین مقادیرSIIG: ۰/۹۸۷، ۰/۹۳۸ و ۰/۸۳۶ جزء متحمل‌ترین و ژنوتیپ‌های AGS-363، Hermen و Kuban با کمترین مقادیرSIIG: ۰/۰۱۹، ۰/۰۵۲ و ۰/۰۶۱ جزء حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به خشکی شناخته شدند (جدول ۴ و شکل ۳).

جدول ۴. عملکرد در شرایط نرمال و تنش، شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل، رتبه و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها برحسب تحمل به تنش خشکی
Table 4. Yield under normal and stress conditions, SIIG index values, ranking and grouping of genotypes based on water stress tolerance

No	Genotype	Yn	Ys	SIIG	†Rank(class)	No	Genotype	Yn	Ys	SIIG	Rank(class)
1	R.V.B	1921	1185	0.201	29 (S)	**26**	ERFurt	2181	1255	0.090	42 (S)
2	Clark	3130	1764	0.443	15 (MS)	**27**	VINIMK9186	2852	1935	0.330	20 (MS)
3	TMS	2069	1722	0.836	3 (T)	**28**	PA 83	2278	1896	0.463	13 (MS)
4	AGS 363	2139	1514	0.019	50 (S)	**29**	VESTAG 97	2815	833	0.163	37 (S)
5	Noir.Detonner72B	2319	2019	0.799	4 (T)	**30**	Hack	2646	2009	0.645	8 (MT)
6	TN 6.90	2667	1569	0.498	12 (MT)	**31**	Iroqouis	2111	1894	0.381	17 MS
7	T 215	1438	1676	0.442	16 (MS)	**32**	S20 - 91	2688	1231	0.283	21 (MS)
8	Kabalovskaja- B	2285	1243	0.336	19 (MS)	**33**	N.S - 20 B-57	2347	1602	0.085	43 (S)
9	Kabalovskaja	2653	1222	0.938	2 (T)	**34**	UniverStrarokrajinskaja	2500	2310	0.063	46 (S)
10	8-L.65-3266	2588	1181	0.748	5 (T)	**35**	Szaljut216	1743	2088	0.222	25 (S)
11	Black Hawck	2333	2106	0.548	10 (MT)	**36**	Amurska 42/6	2743	1819	0.703	6 (MT)
12	Illinoi	2231	1745	0.062	47 (S)	**37**	Beljska Kasna	2370	1130	0.447	14 (MS)
13	L.2	2556	2074	0.532	11 (MT)	**38**	Iroqouis	2806	1889	0.647	7 (MT)
14	S3-941-8-1-8	2667	1477	0.642	9 (MT)	**39**	C S K	2500	2023	0.175	34 (S)
15	L.8	2681	1310	0.221	26 (S)	**40**	Dick manns Haekalit	2736	1593	0.084	44 (S)
16	Darby	2637	1495	0.185	33 (S)	**41**	L.D.3	2602	1528	0.170	35 (S)
17	NE-3297	2264	778	0.169	36 (S)	**42**	N.S-2	1491	1380	0.098	41 (S)
18	ST.Pazova 54/18	2463	1185	0.195	32 (S)	**43**	ST.Pazova 54/18	2116	1495	0.103	39 (S)
19	N.S-L-11-60	2194	1157	0.361	18 (MS)	**44**	Kuban	2306	1588	0.061	48 (S)
20	Mercory	2227	1352	0.066	45 (S)	**45**	A.st29/54RoS-13	2120	1139	0.195	31 (S)
21	Roanak	2565	1630	0.987	1 (T)	**46**	ZaltaZalha	2769	2347	0.236	24 (S)
22	C.st26/60R	2407	1417	0.205	28 (S)	**47**	Talijanska Irana	2250	1491	0.197	30 (S)
23	Pance Vacka - B	2718	1181	0.100	40 (S)	**48**	Hermen	2528	1361	0.052	49 (S)
24	L.52	1759	1713	0.211	27 (S)	**49**	Adepta SR-21-177	3056	1174	0.278	22 (MS)
25	Sort26S.M.A.B	2463	1468	0.149	38 (S)	**50**	KabalovskajaB	2208	1421	0.249	23 (MS)

Yn, Ys به ترتیب عملکرد در شرایط نرمال و تنش، Rank (Class) : (گروه) رتبه؛
Yn and Ys: Normal yeld and Stress yield,respectively; T: Tolerant, MT: Semi tolerant, Ms: Semi sensitive and S: Sensitive

به‌منظور بررسی و مقایسه میزان کاهش صفات ناشی از تنش در ژنوتیپ‌های محتمل و حساس، ۱۰ درصد از متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب و میزان کاهش صفات در اثر تنش محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصل در شرایط تنش ژنوتیپ‌های حساس ۵۱/۵ درصد نسبت به شرایط نرمال کاهش عملکرد (در هکتار) نشان دادند. درحالی‌که ژنوتیپ‌های متحمل فقط ۸/۵ درصد کاهش عملکرد داشتند. همچنین عملکرد تک بوته (گرم) در گروه متحمل ۳۱ درصد و در گروه حساس ۴۲/۱ درصد، تعداد دانه در بوته در گروه متحمل ۲۶/۴ و در گروه حساس ۳۷/۴ درصد، وزن صد دانه در گروه متحمل ۶/۵ و در گروه حساس ۱۰/۷ درصد، تعداد غلاف در بوته در گروه متحمل ۱۰/۸ و در گروه حساس ۲۶/۱ درصد، تعداد گره در بوته در گروه متحمل ۶/۵ و در گروه حساس ۷/۲ درصد کاهش مشاهده گردید (جدول ۵). این نتایج نشان داد این صفات به‌عنوان اجزاء مهم عملکرد در ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های حساس خسارت کمتری دیده‌اند. همچنین طول دوره پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های متحمل ۳۲ درصد و در ژنوتیپ‌های حساس ۱۸ درصد افزایش یافته است (جدول ۵). سایر خصوصیات مراحل زایشی در دو گروه متحمل و حساس تغییرات محسوسی نداشتند. وراثت‌پذیری بالای خصوصیات زایشی دلیل اصلی عدم تغییرات این صفات در شرایط مختلف محیطی است. جیوردانی و همکاران (Giordani et al., 2019) در بررسی اثرات تنش بر روی صفات زراعی دو رقم حساس و نیمه

حساس سویا گزارش کرده‌اند که کاهش وزن صد دانه و عملکرد دانه در رقم حساس بیش از رقم نیمه حساس بوده و نتیجه‌گیری نمودند که داشتن تعداد دانه بالا با وزن کمتر یک مزیت برای ارقام سویا در شرایط تنش محسوب می‌شود. همچنین یان و همکاران (Yan et al., 2020) در بررسی ارقام سویا در شرایط تنش خشکی از صفات تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد تک بوته، ارتفاع بوته و تعداد گره در ساقه به‌عنوان صفات پر تأثیر در ارزیابی ارقام متحمل به خشکی نام برده‌اند.

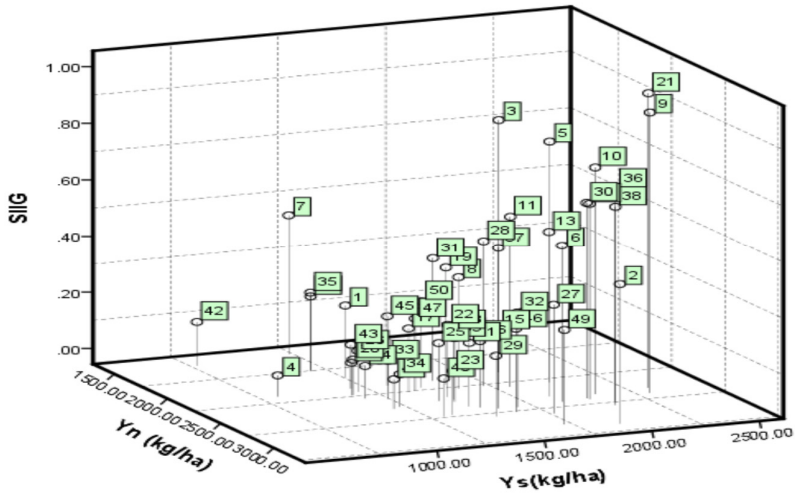
جدول ۵. تغییرات نسبی خصوصیات مراحل زایشی و زراعی در ژنوتیپ‌های متحمل و حساس

Table 4. Relative changes in agronomic and reproductive period characteristics in tolerant and susceptible genotypes

	BB	BP	BS	FS	BM	FM	SFD	RD	HP	NN	NP	NB	SW	NS	NSP	SPY	YP
متحمل Tolerant																	
Yn	48	60	73	86	98	106	12	0.55	57.5	13.2	28.3	2.2	12.0	60.8	2.2	7.4	2353
Ys	46	59	69	85	94	101	16	0.54	47.0	12.4	25.3	2.5	11.2	44.7	1.9	5.1	2152
R(%)	3.2	1.7	5.9	0.4	4.9	4.3	-32	0.9	18.2	6.5	10.8	-13	6.5	26.4	13.6	31.0	8.5
حساس Sensitive																	
Yn	41	52	63	74	87	94	11	0.56	45.1	12.3	38.3	2.7	16.0	71.0	1.8	10.9	2280
Ys	41	51	61	73	83	91	13	0.55	37.0	11.4	28.3	3.0	14.3	44.4	1.7	6.3	1105
R(%)	1.6	2.2	3.9	0.7	4.8	4.0	-18	1.8	18.0	7.2	26.1	-12	10.7	37.4	7.7	42.1	51.5

BB: روز تا گلدهی، BP: روز تا غلاف بندی، BS: روز تا شروع پر شدن دانه، FS: روز تا پر شدن کامل دانه، BM: روز تا شروع رسیدن، FM: روز تا رسیدن کامل،SFD: طول مراحل پر شدن دانه (روز)، RD: طول نسبی مراحل زایشی، PH: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، NN: تعداد گره در ساقه، NP: تعداد غلاف در بوته،NB: تعداد شاخه فرعی، SW: وزن صد دانه (گرم)،NS: تعداد دانه در بوته، NSP: تعداد دانه در غلاف، SYP: عملکرد تک بوته (گرم)،

BB: day to beginning bloom BP: day to beginning pod, BS: day to beginning seed filling, FS: day to full seed, BM: day to beginning maturity, FM: day to full maturity, SFD: seed fill duration (days)RD: Reproductive relative duration, PH: plant height, NN: number of nods, NP: number of pods, NB: number of branches, SW: 100 seed weight (g), NS: no.of seed per plant, NSP: no.of seed per pod, SYP: seed yield perper plant (g)



شکل ۳. پراکنش سه‌بعدی ژنوتیپ‌های سویا برحسب شاخص SIIG و عملکرد در محیط‌های نرمال و تنش

Fig. 3. The Three-dimensional distribution of soybean genotypes according to SIIG index, yield in normal and stress environments

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج حاصل در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی قابل قبولی از حیث صفات زراعی مشاهده گردید. اغلب مؤلفه‌های ژنتیکی اندازه‌گیری شده در هر دو شرایط نرمال و تنش تقریباً یکسان بودند. خصوصیات مراحل زایشی از پاسخ به گزینش (مستقیم و غیرمستقیم) و پیشرفت ژنتیکی بالاتری نسبت به خصوصیات زراعی برخوردار بودند. بیشترین پیشرفت ژنتیکی حاصله از گزینش مستقیم در

شرایط نرمال و تنش مربوط به تعداد غلاف در بوته و کمترین پیشرفت ژنتیکی در شرایط نرمال و تنش مربوط به طول نسبی مراحل زایشی بود. بیشترین کارایی گزینش غیرمستقیم به مستقیم برای بهبود عملکرد دانه در شرایط نرمال مربوط به تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه و در شرایط تنش مربوط به تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه بودند. همچنین در این پژوهش بر اساس شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)، ژنوتیپ‌های Roanak، Kabalovskaja و TMS به‌عنوان متحمل‌ترین و AGS 363، Hermen و Kuban به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند.

منابع

Aditya, J.P., Bhartiya, P., Bhartiya, A., 2011. Genetic variability, heritability and character association for yield and component characters in soybean (*Glycine*. *max* L.). Journal of Central European Agriculture. 12, 27-34. https://doi.org/10.5513/JCEA01/12.1.877

Babaei, H.R., Zeinali-khaneghah, H., Talei, A.R., 2012. Genetic Analysis of agronomic traits and seed shattering resistance in soybean (*Glycine max* L.). Seed and Plant Improvement Journal. 28, 593-609. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/spij. 2017.111130

Bennani, S., Nsarellah, N., Jibene, M., Tadesse, W., Birouk, A., Ouabbou, H., 2017. Efficiency of drought tolerance indices under different stress severities for bread wheat selection. Australian Journal of Crop Science. 1, 395-405. https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.04.pne272.

Board, J.E., Modali, H., 2005. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. Crop Science. 45,1790-1799. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0602

Bouslama, M., Schapaugh, W.T., 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science. 24, 933-937. https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x

Choukan, R., Taherkhani, T., Channadha, M. R., Khodarahmi, M., 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines usines drought tolerance indices. Iranian Journal of Agricaltural Sciences. 8,79-89. [In Persian]. https://doi.org/20.1001.1.15625540.1385.8.1.7.6

Falconer, D.S., 1989. Introduction to Quantitative Genetics. third edition, Langman Scientific and Technical. New York, USA.

Farshadfar, M., Farshadfar, E. 2008. Genetic variability and path analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces and lines. Journal of Applied Science. 8, 3951-3956. https://doi.org/10.3923/jas.2008.3951.3956

Farshadfar, E., Poursiahbidi, M.M., Safavi, S. M., 2018. Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance/ tolerance indices. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 6, 233-245.

Fehr, W.R., Caviness, C.E. 1977., Stages of Soybean Development. Special Report No. 80, Cooperative Extension Service, Agriculture & Home Economics, Experimental Station. Iowa State University, USA. Coden: IWSRBC (80) 1-12 (1977)

Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo CG (eds). Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. International symposium. Aug. 13-18. 1992. Shanhua, Taiwan. https://doi.org/10.22001/wvc.72511

Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal Agriculture. Research. 29, 897-912. https://doi.org/10.1071/AR9780897.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L., Borghi, B., 1997. Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science. 77, 523-531. https://doi.org/10.4141/P96-130.

Giordani, W., Gonçalves, L.S.A., Moraes, L.A.C.,Ferreira, L.C.,Neumaier, N., Farias, J.R.B., Nepomuceno, A.L., de Oliveira, M.C.N., Mertz-Henning, L.M., 2019. Identification of agronomical and morphological traits contributing to drought stress tolerance in soybean. Australian Journal of Crop Science. 13, 35-44. https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.01.p1109

Iqbal, S., Mahmood, M., Tahira, M., Ali, M., Anwar, M., Sarwar. M., 2003. Path coefficient analysis in different genotypes of soybean (*Glycine max* L. Merril). Pakistan Journal of Biological Sciences. 6, 1085-1087. https://doi.org/10.3923/pjbs.2003.1085.1087

Jiang, H., Egli. D.B., 1995. Soybean seed number and crop growth rate during flowering. Agronomy Journal. 87, 264-267. https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700020020x

Johnson, H.W., Robinson, H.F., Comstock, R.E., 1955. Estimates of Genetic and Environmental Variability in Soybeans. Agronomy Journal. 47, 314-318. https://doi.org/10.2134/agronj1955.00021962004700070009x

Kahlon, C.S., 2010. Analysis of genetic improvement for soybean from 1950-2000. Doctoral Dissertations Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.USA. https://doi.org/10.31390/gradschool_dissertations.3872.

Kobraee, S., Shamsi. K., 2011. Evaluation of soybean yield under drought stress by path analysis. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 5, 890-895.

Kokuban, M., Shimada, S., Takahashi. M., 2001. Flower abortion caused by parenthesis water deficit is not attributed to impairment of pollen in soybean. Crop Science. 4, 1517–1521. https://doi.org/10.2135/cropsci2001.4151517x

Kuswantoro, H., 2017. The role of heritability and genetic variability in estimated selection response of soybean lines on tidal swamp land. Pertanika Journal of Tropical Agriculture Science. 40, 319 – 328.

Liu, Y., 2004. Physiological regulation of pod set in soybean (*Glycine max* L. Merr.) during drought at early reproductive stages. Ph.D. Dissertation. Department of Agricultural Sciences. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen. Denmark.

Machikowa, T., Laosuwan, P., 2011. Path coefficient analysis for yield of early maturing soybean. Songklanakarin Journal of Science Technology. 33, 365-368.

Mahbub, M.M., Rahman, M.M., Hossain, M.S., Mahmud, F., Mir Kabir, M.M., 2015. Genetic variability, correlation and path analysis for yield and yield components in soybean. American- Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 15, 231-236. https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2015.15.2.12524

Mejaya, M.J., Suhartina, S., Purwantoro, P., Nugrahaeni, N., Sundari, T., 2022. Genetic parameters of agronomic traits in soybean (*Glycine max* L. Merrill) genotypes tolerant to drought Cite as: AIP Conference Proceedings. 24–25 May 2021. Bogor, Indonesia. Retrieved april 10, 2022. from https://doi.org/10.1063/5.0075159

Mesfin, H.H., 2018. Path analysis, genetic variability and correlation studies for soybean (*Glycine max* L. Merill) for grain yield and Secondary traits at Asosa. Greener Journal of Plant Breeding and Crop Science. 6, 35-46. https://doi.org/10.15580/GJPBCS.2018.3.111418158

Moosavi, S.S., Yazdi-Samadi, B., Naghavi, M. R., Zali, A.A., Dashti, H., Pourshahbazi, A., 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. DESERT. 12, 165-178.

Nakawuka, C. K., Adipala, E., 1999. A path coefficient analysis of some yield component interactions in cowpea. African Crop Science Journal. 7, 327-331. https://doi.org/10.4314/acsj.v7i4.27726

Rosielle, A.A., Hamblin. J., 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science. 21, 943-946. https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x.

Soares, I.O., Bianchi, M.C., Bruzi, A.T., Gesteira, G.S., Silva, K.B., Guilherme, S.R., Cianzio, S.R., 2020. Genetic and phenotypic parameters associated with soybean progenies in a recurrent selection program. Crop Breeding and Applied Biotechnology. 20,1- 8. https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n4a59

Teixeira, F.G., Hamawaki, O.T., Nogueira, A.P.O., Hamawaki, R.L., Jorge, G.L., Hamawaki, C.L., Machado, B.Q.V., Santana, A.J.O., 2017. Genetic parameters and selection of soybean lines based on selection indexes.Genetic Molecolar Research. 16,1-17. https://doi.org/10.4238/gmr16039750

Varnica, I., Petrovic, S., Reberic, A., Guberac, S., Jukic, K., Jukic, G.,2018. Characterization and interrelationships of soybean (*Glycine max*

L.Merrill) yield components during dry and humid seasons. Journal of Central European Agriculture. 19, 466-481. https://doi.org/ https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.2.2148

Vianna, M.S., Nogueira, A.P.O., Hamawaki, O.T., Sousa, L.B., Gomes, G.F., Glasenapp, J.S., Hamawaki, R.L., Silva, C.O., 2019. Selection of lineages, genetiv parameters and correlations between characters. Bioscience Journal.35, 1300-1314. https://doi.org/10.14393/BJ-v35n5a2019-42656

Yan, R. L. C., Song, S., Wang, W., Wang, C., Li, H., Wang, F., Li, S., Sun, X., 2020. Screening diverse soybean genotypes for drought tolerance by membership function value based on multiple traits and drought tolerant coefficient of yield. BMC Plant Biology. Retrieved April 15, 2022. from https://doi.org/10.1186/s12870-020-02519-9.

Zali, H., Barati, A., 2020. Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. Journal of Crop Breeding. 12, 93-104. https://doi.org/ 10.29252/jcb.12.34.93

Zhang, J., Song, Q., Cregan, P. B., Nelson, R. L., Wang, X., Wu, J., Jiang, G. L., 2015. Genome-wide association study for flowering time, maturity dates and plant height in early maturing soybean (*Glycine max*) germplasm. BMC Genomics.Retrieved april 1, 2022. https://doi.org/10.1186/s12864-015-1441-4.