

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

## ارزیابی نقش صفات مورفولوژیک سویا (*Glycine max* L.) در عملکرد دانه با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

### Evaluation of the role of morphological traits in seed yield of soybean (*Glycine max* L.) using multivariate statistical methods

مهدی عارف‌راد<sup>۱</sup>، نادعلی بابائیان جلودار<sup>۲</sup>، قربانعلی نعمت‌زاده<sup>۳</sup> و علی دهستانی<sup>۴</sup>

#### چکیده

عارف‌راد، م. ن. بابائیان جلودار، ق. نعمت‌زاده و ع. دهستانی. ۱۴۰۲. ارزیابی نقش صفات مورفولوژیک سویا (*Glycine max* L.) در عملکرد دانه با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۱): ۱۳۶-۱۱۹.

به‌منظور تعیین بهترین شاخص انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد دانه در سویا، برخی از مهم‌ترین صفات مورفولوژیک در ۱۰ رقم سویا در دو سال (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار و با استفاده از روش‌های تجزیه چند متغیره مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بجز برای صفات رویشی، برای صفات زایشی معنی‌دار بود. بین ارقام سویا برای صفات مورفولوژیک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد که نشان‌دهنده تنوع قابل ملاحظه در ارقام سویا می‌باشد. رقم تلار با بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد غلاف، بیشترین تعداد دانه در غلاف و بیشترین وزن غلاف، بیشترین عملکرد را در سال اول (۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته، بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین وزن غلاف و بیشترین وزن ۱۰۰ دانه، بیشترین عملکرد را در سال اول و دوم داشت (به‌ترتیب ۵۲۰۰ و ۷۶۸۸ کیلوگرم در هکتار). نتایج تجزیه‌های چند متغیره نشان داد که وزن غلاف و ارتفاع بوته بطور مستقیم و تعداد غلاف‌ها با اثر مستقیم بر وزن غلاف و همچنین وزن ۱۰۰ دانه با اثر مستقیم بر ارتفاع بوته آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه در سویا دارند. در مقابل تعداد غلاف‌ها ارتباط معکوسی با وزن دانه داشتند. نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ارقام تلار و پرتو از نظر پاکوتاهی و تعداد بالای غلاف‌ها، رقم کتول از نظر پابندی و وزن بالای دانه‌ها و رقم تپور از نظر تعداد بالای دانه در غلاف از سایر ارقام برتر بودند. با توجه به اثر مثبت وزن غلاف، ارتفاع بوته، تعداد غلاف‌ها و وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه، ارقام پرتو و تلار با بیشترین تعداد غلاف و کتول با بیشترین ارتفاع بوته و بیشترین وزن ۱۰۰ دانه می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی سویا جهت افزایش عملکرد دانه مورد استفاده قرار داده شوند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تجزیه مسیر ترتیبی، رگرسیون گام به گام، سویا و وزن ۱۰۰ دانه

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۴

۱- دانش‌آموخته دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری تهرستان، ساری، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: Mehdiarefrad@yahoo.com)

۲- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری تهرستان، ساری، ایران

۴- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری تهرستان، ساری، ایران

## Evaluation of the role of morphological traits in seed yield of soybean (*Glycine max* L.) using multivariate statistical methods

Arefracd, M.<sup>1</sup>, N. Babaian Jelodar<sup>2</sup>, Gh. Nematzadeh<sup>3</sup>, and A. Dehestani<sup>4</sup>

### ABSTRACT

Arefracd, M., N. Babaian Jelodar, Gh. Nematzadeh, and A. Dehestani. 2023. Evaluation of the role of morphological traits in seed yield of soybean (*Glycine max* L.) using multivariate statistical methods. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 25(1): 119-136. (In Persian).

**Introduction:** Soybean seed contains about 20% oil and 40% protein and is considered as a strategic oilseed plant. Identification of the relationship between morphological traits and seed yield and improving the traits that have strong association with seed yield can increase the efficiency of the soybean breeding programs for seed yield improvement.

**Materials and Methods:** To determine the suitable indirect selection index for seed yield in soybean, the important morphological traits were evaluated in 10 soybean cultivars in randomized complete block design with three replications and multivariate statistical methods in research farm of Sari University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, in two growing seasons (2020 and 2021).

**Results:** The results showed that there was significant differences between soybean cultivars for the morphological traits which indicates considerable variation among Iranian soybean cultivars. The results also showed that cv. Telar with the highest number of branches, number of pods plant<sup>-1</sup>, number of seeds pod<sup>-1</sup> and pods weight plant<sup>-1</sup> had the highest seed yield (5400 kg.ha<sup>-1</sup>) in the 2020 and cv. Katol with the tallest plant height, the highest number of branches, pods weight plant<sup>-1</sup> and the 100-seed weight had the highest seed yield in 2020 and 2021 (5200 and 7688 kg.ha<sup>-1</sup>, respectively). The results of multivariate analysis showed that among the studied traits, pods weight plant<sup>-1</sup> and plant height directly, the number of pods plant<sup>-1</sup> with a direct effect on the pods weight plant<sup>-1</sup> and also the 100 seed weight with a direct effect on plant height had highly positive effects on seed yield in soybean. Furthermore, the number of pods plant<sup>-1</sup> showed negative relationship with 100 seed weight. Moreover, the results of cluster analysis showed that cv. Telar and cv. Parto were distinguished from other cultivars for short plant height and high number of pods plant<sup>-1</sup>, cv. Katol for tall plant height and high 100-seed weight and cv. Tapur for high number of seeds pod<sup>-1</sup>.

**Conclusion:** Since pods weight plant<sup>-1</sup>, plant height, number of pods plant<sup>-1</sup> and 100 seed weight showed high positive direct effects on seed yield, therefore, cv. Parto and cv. Telar with the highest number of pods plant<sup>-1</sup> and cv. Katol with the tallest plant height and the highest 100 seed weight can be considered for seed yield improvement in soybean breeding programs.

**Key words:** 100 seed weight, Sequential path analysis, Soybean, Stepwise regression and Yield components

Received: April, 2023

Accepted: September, 2023

1. PhD Graduate, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Mazandaran, Iran (Corresponding author) (Email: Mehdiarefracd@yahoo.com)

2. Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Mazandaran, Iran

3. Professor, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT), Sari, Mazandaran, Iran

4. Assistant Prof., Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT), Sari, Mazandaran, Iran

## مقدمه

در بین دانه‌های روغنی، سویا با دارا بودن ۴۰ درصد پروتئین و ۲۰ درصد روغن، به عنوان یک گیاه راهبردی در تولید روغن و پروتئین محسوب می‌شود. سویا رتبه اول را در تولید روغن در جهان را دارد و به علاوه پروتئین دانه آن با سایر منابع پروتئینی جانوری مانند گوشت، فراورده‌های لبنی و تخم مرغ قابل رقابت است. از نظر تولید دانه نیز، سویا پس از ذرت و گندم در مقام سوم جهانی قرار دارد (Aondover et al., 2013). برزیل با تولید ۱۵۲ میلیون تن، ایالات متحده آمریکا با ۱۱۸ میلیون تن و آرژانتین با ۴۹ میلیون تن به ترتیب رتبه اول تا سوم تولید سویا را به خود اختصاص داده‌اند (FAO, 2022). سطح زیر کشت سویا در ایران حدود ۲۶ هزار هکتار است. استان‌های گلستان، مازندران و اردبیل مهم‌ترین استان‌های تولید کننده سویا در ایران به شمار می‌روند (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۴۰۰). تولید سالانه سویا در ایران ۵۳ هزار تن (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۴۰۰) و دارای رتبه ۳۴ در جهان است (FAO, 2022).

باتوجه به نیاز بالای کشور به دانه‌های روغنی به خصوص دانه سویا، اصلاح ارقام با پتانسیل ژنتیکی بالا و سازگاری مناسب برای هر منطقه ضروری محسوب می‌شود. عملکرد دانه یک صفت کمی است که تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار می‌گیرد، بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس عملکرد ممکن است بازدهی بالایی نداشته باشد (Boelt and Gislum, 2010). شناسایی نحوه ارتباط صفات مورفولوژیک با عملکرد دانه و اصلاح برای صفاتی که همبستگی بالایی با عملکرد دانه داشته و از وراثت پذیری بالایی نیز برخوردار باشند، می‌تواند کارایی برنامه‌های به‌نژادی را برای بهبود عملکرد افزایش دهد (Mahbub and Shirazy, 2016; Sulistyو and Sari 2018).

تجزیه رگرسیون یکی از روش‌های مهم در توصیف روابط علت و معلولی بین صفات مختلف گیاهی است.

اگرچه تجزیه رگرسیون ساده خطی در تعیین اندازه و جهت ارتباط بین صفات، روشی ساده و مفید محسوب می‌شود، اما به دلیل آثار غیرمستقیم سایر صفات، این نتایج ممکن است گمراه کننده باشند. تجزیه مسیر با تفکیک این همبستگی‌ها به آثار مستقیم و غیرمستقیم، درک بهتری از روابط بین صفات مستقل با متغیر وابسته را نشان خواهد داد (Karyawati and Puspitaningrum, 2021).

تاکنون گزارشات متفاوتی در خصوص ارتباط صفات مورفولوژیک با عملکرد دانه در سویا گزارش شده است. اگرچه بسیاری از محققان تعداد غلاف‌ها را دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه در سویا گزارش کرده‌اند (Aondover et al., 2013; Valencia- Ramirez and Ligarreto-Moreno, 2012)، اما برخی تعداد دانه (Karyawati and Puspitaningrum, 2021) و برخی دیگر وزن دانه را دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه سویا اعلام کرده‌اند (Jadeja et al., 2016; Bisinotto et al., 2017). در خصوص صفات رویشی نیز برخی از محققان ارتفاع بوته را دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه سویا گزارش کرده‌اند (Bizeti et al., 2004; Sulistyو and Sari, 2018; Balla and Ibrahim, 2017)، درحالی که برخی دیگر این ارتباط را غیرمستقیم اعلام کرده‌اند (Karyawati and Puspitaningrum, 2021).

با توجه به اینکه نتایج متفاوتی در خصوص ارتباط بین صفات مختلف با عملکرد دانه در گیاه سویا ارائه شده است، هدف از این تحقیق ارزیابی ارتباط مهم‌ترین خصوصیات مورفولوژیک با عملکرد دانه در ارقام رایج زراعی سویای ایران با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره جهت بهترین شاخص انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد دانه بوده است.

## مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق بذره‌های ۱۰ رقم رایج سویای زراعی

از مرکز تحقیقات کشاورزی استان مازندران و پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی تبرستان تهیه شد. ارقام قدیمی سویای ایران وارداتی هستند، اما در سال‌های اخیر چند رقم اصلاح شده معرفی و تجاری سازی شده‌اند. اسامی ارقام سویا، روش اصلاح، سال معرفی و تیپ رشدی آن‌ها در جدول یک ارائه شده است. بذره‌ای ارقام سویا در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری در دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. هر کرت شامل پنج ردیف کاشت به طول دو متر بود. فاصله بین ردیف‌ها نیم متر و فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. پس از رشد کامل بوته‌ها و پس از حذف اثر حاشیه، از ردیف‌های میانی هر کرت ۱۰ بوته بطور تصادفی برداشت و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف‌ها، وزن غلاف‌ها، وزن پوسته غلاف‌ها، تعداد دانه‌ها در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه بر حسب واحد سطح محاسبه شد. قبل از اجرای تجزیه‌های آماری ابتدا نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف ارزیابی شد (Dewey and Lu, 1959). آزمون یکنواختی واریانس خطای سال‌ها با استفاده از آزمون بارتلت ارزیابی شد. پس از تایید شدن یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه واریانس مرکب، مقایسه میانگین‌های صفات، تجزیه‌های چند متغیره و تجزیه خوشه‌ای انجام شدند. در تجزیه‌های چند متغیره از روش‌های رگرسیون گام به گام و تجزیه مسیر ترتیبی (Sequential path analysis) جهت بررسی صفات وابسته به عملکرد استفاده شد. در تجزیه رگرسیون گام به گام بعد از ورود متغیر جدید، متغیر قبلی نیز در مدل آزمون می‌شود، بنابراین متغیرهایی که نقش معنی‌دار بزرگتری را در توجیه تغییرات متغیر وابسته دارند در مدل باقی می‌مانند. در روش رگرسیون گام به گام بر خلاف سایر روش‌های چند متغیره، تعداد متغیرهای کمتر ولی مهم‌تری گزینش می‌شوند

(Bizeti et al., 2004). در روش تجزیه مسیر متداول، فرض بر این است که صفات پیش بینی کننده، مستقل از یکدیگر هستند، درحالی که ممکن است با یکدیگر مرتبط باشند. اگرچه با استفاده از آزمون  $X^2$  می‌توان صفات مستقل را تفکیک کرد، اما این کار موجب از دست رفتن اطلاعات مربوط به صفات غیرمستقل خواهد شد. به علاوه در این روش تنها متغیرهای رتبه اول که در رگرسیون گام به گام معنی‌دار هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرند، ولی در تجزیه مسیر ترتیبی صفاتی که در تجزیه مسیر رتبه اول حذف می‌شوند، مجدداً در تجزیه مسیر رتبه دوم بررسی می‌شوند و این کار تا زمانی که روابط بین صفات به طور کامل مشخص شود، ادامه می‌یابد (Sedghi and Amanpour-Balaneji, 2010; Ascencio-Luciano et al., 2013). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای InfoStat (2013) و SPSS V. 23 و V. 2012 و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم افزار آماری SAS V.9.1 انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که بین سال‌های آزمایش به جز برای صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی، برای اجزای عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). این موضوع نشان می‌دهد که احتمالاً صفات رویشی نسبت به صفات زایشی کمتر تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند (Moosavi et al., 2011; Razmi et al., 2013). به دلیل معنی‌دار شدن برهمکنش سال در رقم، کلیه تجزیه‌ها به تفکیک هر سال انجام شدند. بین ارقام سویا نیز از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. نتایج تحقیقات پیشین نیز اختلاف معنی‌داری را برای صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های سویای داخلی نشان داده‌اند (Abedi et al., 2019; Ghanbari et al., 2019; Majidian et al., 2019). این نتایج نشان دهنده تنوع قابل ملاحظه در ژنوتیپ‌های سویای داخلی می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات ارقام سویا

Table 1. Characteristics of the soybean cultivars

| ردیف<br>No. | لاین<br>Line | Cultivar | رقم    | Breeding method         | روش به‌نژادی                     | Growth type      | تیپ رشدی   | گروه رسیدگی<br>Maturity group | سال معرفی<br>Year of release |
|-------------|--------------|----------|--------|-------------------------|----------------------------------|------------------|------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1           | .....        | Hill     | هیل    | Imported                | وارداتی                          | Determinate      | محدود      | 4                             | 1961                         |
| 2           | Pershing     | Sahar    | سحر    | Imported                | وارداتی                          | Semi-determinate | نیمه‌محدود | 5                             | 1993                         |
| 3           | BP           | Telar    | تلار   | Selection from Pershing | انتخاب لاین خالص از جمعیت پرشینگ | Determinate      | محدود      | 5                             | 2001                         |
| 4           | JK           | Sari     | ساری   | Imported                | وارداتی                          | Determinate      | محدود      | 5                             | 2001                         |
| 5           | 032          | Nekador  | نکادر  | BP×Hood (Gorgan-3)      | تلاقی                            | Determinate      | محدود      | 5                             | 2010                         |
| 6           | DPX          | Katol    | کتول   | Imported                | وارداتی                          | Semi-determinate | نیمه‌محدود | 5                             | 2010                         |
| 7           | 033          | Caspian  | کاسپین | BP×Hill                 | تلاقی                            | Determinate      | محدود      | 5                             | 2011                         |
| 8           | .....        | Arian    | آرین   | Imported                | وارداتی                          | Determinate      | محدود      | 5                             | 2015                         |
| 9           | 032-240-P1   | Parto    | پرتو   | Mutation from Nekador   | موتاسیون از رقم نکادر            | Determinate      | محدود      | 5                             | 2016                         |
| 10          | 2002         | Tapoor   | تیور   | Sahar×JK                | تلاقی                            | Determinate      | محدود      | 5                             | 2016                         |

Reference: Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI)

منبع: موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم کنترل با بیشترین ارتفاع بوته در هر دو سال از سایر ارقام متمایز بود (به ترتیب ۱۸۰/۰ و ۱۸۷/۷ سانتیمتر). ارقام پرتو و ساری کمترین ارتفاع بوته را در هر دو سال داشتند (به ترتیب ۹۵/۰ و ۹۸/۵ سانتیمتر). ارقام کنترل، هیل و آراین بیشترین تعداد شاخه فرعی را در هر دو سال داشتند (به ترتیب ۴/۷، ۳/۷ و ۳/۵ شاخه فرعی). ارقام سحر، تپور و تلار بیشترین تعداد غلاف را در سال اول داشتند (به ترتیب ۸۳/۳، ۸۶/۶ و ۸۷/۰ غلاف)، اما در سال دوم بیشترین تعداد غلاف‌ها در ارقام آراین و پرتو مشاهده شد (به ترتیب ۱۱۸/۴ و ۱۵۴/۴ غلاف). وزن غلاف در سال اول در رقم تلار (۴۱/۰ گرم)، در سال دوم در رقم آراین (۵۲/۵ گرم) و برای هر دو سال در رقم کنترل بالاترین مقدار را داشت (به ترتیب ۳۷/۰ و ۵۶/۴ گرم). اگرچه ارقام آراین، کنترل و ساری بیشترین وزن پوسته غلاف‌ها را در سال اول داشتند (به ترتیب ۱۱/۳، ۱۲/۱ و ۱۰/۹ گرم)، اما در سال دوم رقم آراین بیشترین وزن پوسته غلاف‌ها را داشت (۱۹/۸ گرم). بیشترین تعداد دانه در غلاف در سال اول در رقم‌های هیل، نکادر و تلار (به ترتیب ۲/۲، ۲/۳ و ۲/۴ دانه) و در سال دوم برای ارقام هیل، کاسپین، نکادر، تپور و تلار مشاهده شد (به ترتیب ۲/۳، ۲/۳، ۲/۴، ۲/۴ و ۲/۵ دانه). بیشترین وزن ۱۰۰ دانه نیز در سال اول برای ارقام آراین، کنترل و ساری بدست آمد (به ترتیب ۱۱/۳، ۱۲/۱ و ۱۰/۹ گرم) و در سال دوم ارقام آراین و کنترل بیشترین وزن ۱۰۰ دانه را داشتند (به ترتیب ۸/۵ و ۹/۸ گرم). رقم تلار با بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد غلاف، بیشترین تعداد دانه در غلاف و بیشترین وزن غلاف، بیشترین عملکرد دانه را در سال اول (۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم کنترل با بیشترین ارتفاع بوته، بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین وزن غلاف و بیشترین وزن ۱۰۰ دانه، بیشترین عملکرد دانه را در سال اول و دوم داشت (به ترتیب ۵۲۰۰ و ۷۶۸۸ کیلوگرم در هکتار) (جدول ۲). این یافته‌ها با سایر گزارشات درخصوص ویژگی این ارقام نیز همخوانی دارد (Ghanbari et al., 2019; Majidian et al., 2019; Ghanbari et al., 2018).

به نژادی برای صفات کمی مانند عملکرد می‌تواند در اثر گزینش صفات مورفولوژیک که همبستگی بالایی با عملکرد داشته و به راحتی قابل اندازه‌گیری باشند، افزایش یابد (Karyawati and Puspitaningrum, 2021). نتایج تجزیه همبستگی برای ارتباط عملکرد دانه با صفات رویشی نشان داد که عملکرد دانه در سال اول با تعداد شاخه فرعی ( $r=0.50^{**}$ ) و برای سال دوم با تعداد شاخه فرعی و ارتفاع بوته (به ترتیب  $r=0.43^{**}$  و  $r=0.42^{**}$ ) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۳). درخصوص ارتباط عملکرد دانه با صفات رویشی در سویا نتایج متفاوتی گزارش شده است که در برخی از آنها ارتباط عملکرد دانه با ارتفاع بوته مثبت (Valencia-Ramirez et al., 2012; Malik et al., 2011; Ghanbari et al., 2018; Bizeti et al., 2004) و در برخی دیگر بدون ارتباط گزارش شده است (Karyawati and Puspitaningrum, 2021; Bisinotto et al., 2017; Teodoro et al., 2015). برای تعداد شاخه نیز برخی این ارتباط را مثبت (Ghanbari et al., 2018; Malik et al., 2011)، برخی آن را منفی (Sulistyo and Sari, 2017) و برخی دیگر آن را بدون ارتباط گزارش کرده‌اند (Karyawati and Puspitaningrum, 2021; Teodoro et al., 2015). نتایج تجزیه همبستگی بین عملکرد با اجزای عملکرد نیز نشان داد که بجز تعداد دانه در غلاف و وزن دانه، در سایر صفات ارتباط معنی‌داری در هر دو سال وجود داشت. بین وزن دانه‌ها در سال اول با تعداد غلاف و وزن غلاف و در سال دوم با تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف، رابطه معکوسی مشاهده شد (جدول ۳). درخصوص ارتباط تعداد دانه و وزن دانه‌ها در سویا نتایج متفاوتی گزارش شده است. برخی این ارتباط را مثبت و معنی‌دار (Karyawati and Puspitaningrum, 2021) و برخی دیگر بدون ارتباط گزارش کرده‌اند (Bizeti et al., 2004; Bisinotto et al., 2017). به نظر می‌رسد که علت این موضوع برهمکنش ژنوتیپ و محیط باشد.

"ارزیابی نقش صفات مورفولوژیک سویا...، عارف راد و همکاران، ۱۴۰۲، ۱۳۶-۱۱۹"

## جدول ۲- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام سویا

Table 2. Mean comparison of plant traits of soybean cultivars

| Plant traits                       | صفات گیاهی         | سال<br>Year  | ارقام سویا<br>Soybean cultivars |             |                   |               |                  |               |              |              |                |               |
|------------------------------------|--------------------|--------------|---------------------------------|-------------|-------------------|---------------|------------------|---------------|--------------|--------------|----------------|---------------|
|                                    |                    |              | آرین<br>Arian                   | هیل<br>Hill | کاسپین<br>Caspian | کتول<br>Katol | نکادر<br>Nekador | پرتو<br>Parto | سحر<br>Sahar | ساری<br>Sari | تپور<br>Tapour | تلار<br>Telar |
| Plant height (cm)                  | ارتفاع بوته        | 2020 ۱۳۹۹    | 120.0c                          | 115.0cd     | 130.0bc           | 180.0a        | 142.0b           | 93.3e         | 133.3bc      | 96.0de       | 113.3c-e       | 120.0c        |
|                                    |                    | 2021 ۱۴۰۰    | 126.6b                          | 127.9b      | 121.0bc           | 187.7a        | 131.0b           | 96.6d         | 126.7b       | 101.1cd      | 123.7b         | 121.3bc       |
|                                    |                    | Mean میانگین | 123.3cd                         | 121.4cd     | 125.5cd           | 183.8a        | 136.5b           | 95.0e         | 130.0bc      | 98.5e        | 118.5d         | 120.6cd       |
| No. of branches                    | تعداد شاخه فرعی    | 2020 ۱۳۹۹    | 2.6ab                           | 3.3a        | 1.0c              | 3.0ab         | 1.0c             | 2.0abc        | 1.6bc        | 2.6ab        | 2.0abc         | 3.0ab         |
|                                    |                    | 2021 ۱۴۰۰    | 4.4a                            | 4.1ab       | 1.3d              | 4.5a          | 1.2d             | 3.5ab         | 1.7cd        | 3.1a-c       | 1.5d           | 2.6b-d        |
|                                    |                    | Mean میانگین | 3.5ab                           | 3.7a        | 1.1d              | 3.7a          | 1.1d             | 2.7c          | 1.7d         | 2.8bc        | 1.7d           | 2.8bc         |
| Seed.pod <sup>-1</sup>             | تعداد دانه در غلاف | 2020 ۱۳۹۹    | 1.5e                            | 2.2ab       | 2.0bc             | 1.9b-d        | 2.3ab            | 1.7c-e        | 1.7de        | 1.8c-e       | 1.9b-d         | 2.4a          |
|                                    |                    | 2021 ۱۴۰۰    | 1.9cd                           | 2.3ab       | 2.3ab             | 2.3abc        | 2.4a             | 1.9d          | 2.2abc       | 2.1bcd       | 2.4a           | 2.5a          |
|                                    |                    | Mean میانگین | 1.7g                            | 2.3bc       | 2.2cd             | 2.1de         | 2.3ab            | 1.8fg         | 1.9e-g       | 1.9ef        | 2.2b-d         | 2.5a          |
| No. of pod. plant <sup>-1</sup>    | تعداد غلاف         | 2020 ۱۳۹۹    | 58.3a-c                         | 44.0c       | 54.0bc            | 65.5a-c       | 52.6bc           | 52.3bc        | 83.3ab       | 65.3a-c      | 86.6a          | 87.0a         |
|                                    |                    | 2021 ۱۴۰۰    | 118.4ab                         | 90.4bc      | 70.7bc            | 96.0bc        | 76.0bc           | 154.4a        | 81.8bc       | 89.1bc       | 67.4c          | 93.6bc        |
|                                    |                    | Mean میانگین | 88.3a-c                         | 67.2cd      | 62.3d             | 80.7b-d       | 64.3d            | 103.3a        | 82.6a-d      | 77.2b-d      | 77.0b-d        | 90.3ab        |
| Pod weight (g)                     | وزن غلاف           | 2020 ۱۳۹۹    | 25.0ab                          | 26.3ab      | 28.0ab            | 37.0a         | 29.0ab           | 18.6b         | 35.0ab       | 32.9ab       | 32.6ab         | 41.0a         |
|                                    |                    | 2021 ۱۴۰۰    | 52.5ab                          | 35.7abc     | 36.5abc           | 56.4a         | 42.2abc          | 45.6abc       | 35.0bc       | 39.7abc      | 29.1c          | 43.4abc       |
|                                    |                    | Mean میانگین | 38.7a-c                         | 31.0c       | 32.2c             | 46.7a         | 35.6bc           | 32.1c         | 35.0bc       | 36.3bc       | 30.8c          | 42.2ab        |
| Weight of pod shell (g)            | وزن پوسته غلاف     | 2020 ۱۳۹۹    | 11.3a                           | 9.3b        | 9.1b              | 12.1a         | 9.2b             | 7.0c          | 9.1b         | 10.9a        | 8.3bc          | 8.2bc         |
|                                    |                    | 2021 ۱۴۰۰    | 19.8a                           | 13.7abc     | 13.1abc           | 18.0ab        | 15.6abc          | 19.1ab        | 12.7abc      | 12.1bc       | 10.0c          | 16.1abc       |
|                                    |                    | Mean میانگین | 13.9bc                          | 10.2d       | 21.5a             | 14.5b         | 12.6b-d          | 12.8b-d       | 12.6b-d      | 10.3d        | 10.6cd         | 15.0b         |
| 100 seed weight (g)                | وزن ۱۰۰ دانه       | 2020 ۱۳۹۹    | 11.3a                           | 9.3b        | 9.1b              | 12.1a         | 9.2b             | 7.0c          | 9.1b         | 10.9a        | 8.3bc          | 8.2bc         |
|                                    |                    | 2021 ۱۴۰۰    | 8.5ab                           | 6.6de       | 7.3b-d            | 9.8a          | 8.2bc            | 5.4e          | 7.0cd        | 8.1bc        | 6.3de          | 7.0cd         |
|                                    |                    | Mean میانگین | 19.9b                           | 16.0de      | 16.4cd            | 22.0a         | 17.5c            | 12.5f         | 16.2cd       | 19.0b        | 14.7e          | 15.2de        |
| Seed yield (kg. ha <sup>-1</sup> ) | عملکرد دانه        | 2020 ۱۳۹۹    | 3400ab                          | 3600ab      | 3800ab            | 5200a         | 3866ab           | 2400b         | 4533ab       | 4866a        | 4600ab         | 5400a         |
|                                    |                    | 2021 ۱۴۰۰    | 6534ab                          | 4400b       | 4688b             | 7688a         | 5312ab           | 5312ab        | 4444b        | 5534ab       | 3822b          | 5466ab        |
|                                    |                    | Mean میانگین | 4966b-d                         | 4000cd      | 4244b-d           | 6444a         | 4588b-d          | 3856d         | 4488b-d      | 5200abc      | 4212b-d        | 5434ab        |

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each row with similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

کمکی برای انتخاب غیرمستقیم عملکرد دانه و به منظور اجتناب از اثرات نامطلوب چند خطی بودن انجام می شود (Karyawati and Puspitaningrum, 2021; Bizeti et al., 2004).

نتایج تجزیه مسیر ترتیبی در سال اول نشان داد که وزن پوسته غلاف ها و پس از آن ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه ارقام سویا داشتند (به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۳۵). وزن غلاف های پر و تعداد غلاف با اثر بر وزن پوسته غلاف ها و تعداد دانه در غلاف و وزن دانه با اثر بر ارتفاع بوته، آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه ارقام سویا داشتند. در مقابل ارتفاع بوته ارتباط معکوسی با وزن پوسته غلاف ها نشان داد (۰/۳۱-). (شکل ۱). در سال دوم، وزن غلاف های پر و پس از آن ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند (به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۲۳). تعداد غلاف ها و وزن دانه با اثر بر وزن غلاف ها و وزن دانه با اثر بر ارتفاع بوته، آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه داشتند. همانند سال اول، تعداد غلاف ها و تعداد دانه در غلاف اثرات معکوسی بر وزن دانه ها داشتند (شکل ۲). نتایج تجزیه مسیر ترتیبی برای دو سال نشان داد که وزن غلاف ها و ارتفاع بوته بطور مستقیم و تعداد غلاف ها با اثر بر وزن غلاف ها بطور غیر مستقیم، آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه ارقام سویا داشتند (جدول های ۶ و ۷).

در یک آزمایش روی سه رقم سویای رشد محدود و سه رقم رشد نامحدود گزارش شد که در ارقام رشد محدود تعداد غلاف ها و تعداد شاخه های فرعی و در ارقام رشد نامحدود علاوه بر تعداد غلاف و تعداد شاخه های فرعی، ارتفاع بوته، اثرات مثبتی بر عملکرد دانه داشتند (Teodoro et al., 2015). در واقع اثر غیرمستقیم تعداد شاخه های فرعی بر عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد غلاف ها بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه انتخاب بوته هایی با ارتفاع بلندتر می تواند در برنامه های به نژادی ارقام سویای رشد محدود مورد توجه قرار گیرد، اما مستقل از عادت

نتایج رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه نشان داد که در سال اول به ترتیب وزن پوسته غلاف ها و ارتفاع بوته مهم ترین صفات موثر بر عملکرد دانه بودند که ۷۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. در مراحل بعد برای وزن پوسته غلاف ها به ترتیب تعداد شاخه و وزن غلاف های پر و برای ارتفاع بوته به ترتیب تعداد دانه در غلاف و وزن دانه وارد مدل شدند (جدول ۴). در سال دوم نیز برای عملکرد دانه به ترتیب وزن غلاف های پر و ارتفاع بوته مهم ترین صفات موثر بر عملکرد دانه شناخته شدند که ۷۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. برای وزن غلاف های پر نیز به ترتیب تعداد شاخه فرعی، وزن دانه، تعداد دانه در غلاف و وزن پوسته غلاف ها وارد مدل شدند. برای ارتفاع بوته نیز به ترتیب وزن دانه و وزن غلاف وارد مدل شدند (جدول ۵). نتایج رگرسیون گام به گام نشان می دهد که وزن غلاف ها و ارتفاع بوته بطور مستقیم و تعداد شاخه فرعی از طریق اثر بر وزن غلاف بطور غیرمستقیم با عملکرد دانه سویا ارتباط دارند.

کارگر و همکاران (Kargar et al., 2012)، گزارش کرده اند که ارتفاع بوته بیشترین تاثیر را بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی داشت، در مقابل رضایی زاد و همکاران (Rezaii-Zad et al., 2001) با اجرای تجزیه رگرسیون گام به گام گزارش دادند که تعداد دانه، وزن دانه و تعداد دانه در غلاف، سه صفت مؤثر بر عملکرد دانه سویا بودند. برخی از محققان دیگر وزن دانه و شاخص برداشت (Ghanbari et al., 2018)، برخی محتوی کلروفیل b و تعداد غلاف (Abedi et al., 2019) و برخی دیگر تعداد غلاف (Kohkan et al., 2014) را مهم ترین صفات موثر بر عملکرد دانه در سویا گزارش کرده اند. به نظر می رسد که این تفاوت در نتایج به دلیل برهمکنش ژنوتیپ و محیط باشد.

روش تجزیه مسیر برای تفکیک ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع تجزیه با هدف تعیین بهترین صفت

"ارزیابی نقش صفات مورفولوژیک سویا...، عارف راد و همکاران، ۱۴۰۲، ۱۳۶-۱۱۹"

### جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات در ارقام سویا

Table 3. Simple correlation coefficients traits in soybean cultivars

| Plant traits                    | صفات گیاهی         | ارتفاع بوته<br>Plant height | تعداد شاخه فرعی<br>No. of branches | تعداد دانه در غلاف<br>Seed.pod <sup>-1</sup> | تعداد غلاف<br>No. of pod.plant <sup>-1</sup> | وزن غلاف<br>Pod weight | وزن پوسته غلاف‌ها<br>Weight of pod shell | وزن ۱۰۰ دانه<br>100 seed weight | عملکرد دانه<br>Seed yield |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Plant height                    | ارتفاع بوته        | 1                           | 0.05                               | 0.12                                         | -0.1                                         | 0.26                   | 0.15                                     | 0.40**                          | 0.42**                    |
| No. of branches                 | تعداد شاخه فرعی    | -0.23                       | 1                                  | -0.02                                        | 0.51**                                       | 0.50**                 | 0.14                                     | -0.05                           | 0.43**                    |
| Seed.pod <sup>-1</sup>          | تعداد دانه در غلاف | 0.42*                       | -0.29                              | 1                                            | -0.09                                        | 0.15                   | 0.02                                     | -0.28*                          | 0.19                      |
| No. of pod. plant <sup>-1</sup> | تعداد غلاف         | -0.32                       | 0.52**                             | 0.01                                         | 1                                            | 0.73**                 | 0.50**                                   | -0.42**                         | 0.56**                    |
| Pod weight                      | وزن غلاف           | -0.21                       | 0.46**                             | 0.06                                         | 0.77**                                       | 1                      | 0.59**                                   | -0.03                           | 0.81**                    |
| Weight of pod shell             | وزن پوسته غلاف     | -0.34                       | 0.47**                             | 0.05                                         | 0.95**                                       | 0.82**                 | 1                                        | -0.14                           | 0.45**                    |
| 100 seed weight                 | وزن ۱۰۰ دانه       | 0.38*                       | 0.01                               | -0.12                                        | -0.43*                                       | -0.21*                 | -0.41**                                  | 1                               | 0.05                      |
| Seed yield                      | عملکرد دانه        | 0.04                        | 0.50**                             | 0.35                                         | 0.74**                                       | 0.73**                 | 0.79**                                   | -0.35                           | 1                         |

\* and \*\*: Significant at 1% and 5% probability levels, respectively

Correlation coefficients below the diagonal are for the first year and above the diagonal are for the second year

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ضرایب همبستگی پائین قطر برای سال اول و بالای قطر برای سال دوم هستند

### جدول ۴- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام صفات گیاهی ارقام سویا (۱۳۹۹)

Table 4. Results of stepwise regression analysis of plant traits of soybean cultivars (2020)

|                     | ترتیب وارد شدن به مدل<br>The order of entry into the model | صفات گیاهی<br>Plant traits                   | ضریب رگرسیون<br>Regression coefficient | ضریب تبیین تجمعی<br>Cumulative R <sup>2</sup> | ضریب تبیین تجمعی استاندارد شده<br>Standardized cumulative R <sup>2</sup> |
|---------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Seed yield          | 1                                                          | وزن پوسته غلاف<br>Weight of pod shell        | 0.78                                   | 0.61                                          | 0.60                                                                     |
|                     | 2                                                          | ارتفاع بوته<br>Plant height                  | 0.85                                   | 0.72                                          | 0.70                                                                     |
| Weight of pod shell | 1                                                          | تعداد شاخه فرعی<br>No. of branches           | 0.95                                   | 0.90                                          | 0.90                                                                     |
|                     | 2                                                          | وزن غلاف (پر)<br>Pod weight                  | 0.96                                   | 0.92                                          | 0.91                                                                     |
| Plant height        | 1                                                          | تعداد دانه در غلاف<br>Seed.pod <sup>-1</sup> | 0.41                                   | 0.17                                          | 0.14                                                                     |
|                     | 2                                                          | وزن ۱۰۰ دانه<br>100 seed weight              | 0.59                                   | 0.35                                          | 0.35                                                                     |

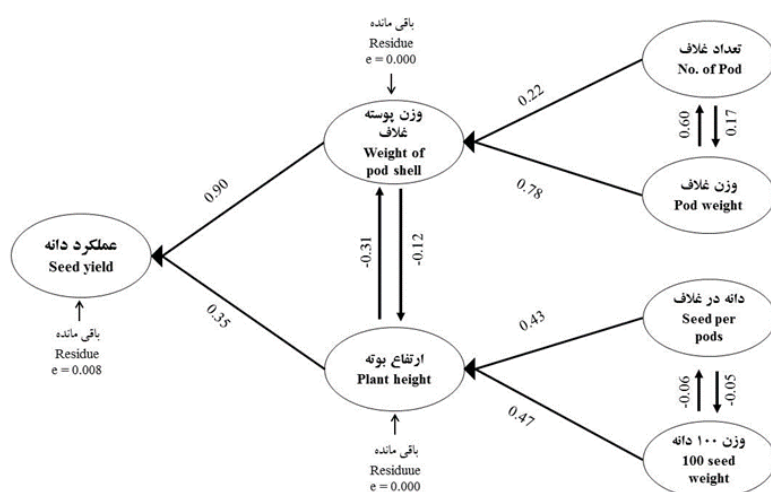
جدول ۵- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام صفات گیاهی ارقام سویا (۱۴۰۰)

Table 5. Results of stepwise regression analysis of plant traits of soybean cultivars (2021)

|              |             | ترتیب وارد شدن به مدل<br>The order of entry into the model | صفات گیاهی<br>Plant traits                   | ضریب رگرسیون<br>Regression coefficient | ضریب تبیین تجمعی<br>Cumulative R <sup>2</sup> | ضریب تبیین تجمعی استاندارد شده<br>Standardized cumulative R <sup>2</sup> |
|--------------|-------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Seed yield   | عملکرد دانه | 1                                                          | وزن غلاف<br>Pod weight                       | 0.81                                   | 0.66                                          | 0.65                                                                     |
|              |             | 2                                                          | ارتفاع بوته<br>Plant height                  | 0.84                                   | 0.71                                          | 0.70                                                                     |
| Pod weight   | وزن غلاف    | 1                                                          | تعداد شاخه فرعی<br>No. of branches           | 0.73                                   | 0.53                                          | 0.53                                                                     |
|              |             | 2                                                          | وزن ۱۰۰ دانه<br>100 seed weight              | 0.80                                   | 0.64                                          | 0.63                                                                     |
|              |             | 3                                                          | تعداد دانه در غلاف<br>Seed.pod <sup>-1</sup> | 0.82                                   | 0.68                                          | 0.66                                                                     |
|              |             | 4                                                          | وزن پوسته غلاف<br>Weight of pod shell        | 0.87                                   | 0.76                                          | 0.75                                                                     |
| Plant height | ارتفاع بوته | 1                                                          | وزن ۱۰۰ دانه<br>100 Seed weight              | 0.40                                   | 0.16                                          | 0.14                                                                     |
|              |             | 2                                                          | وزن غلاف<br>Pods weight                      | 0.48                                   | 0.23                                          | 0.21                                                                     |

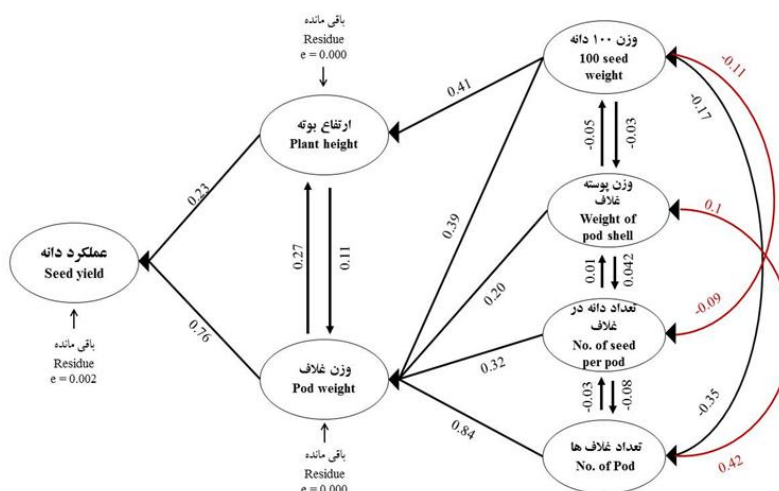
مورد استفاده قرار گیرند (Kohkan *et al.*, 2014). نتایج این تحقیق نشان داد که بین وزن ۱۰۰ دانه با تعداد دانه در غلاف‌ها و تعداد غلاف‌ها ارتباط معکوسی وجود دارد (شکل ۱ و ۲). با توجه به اینکه ارتفاع بوته اثر مستقیم مثبتی بر وزن دانه داشته و همچنین وزن غلاف‌ها اثر مستقیم بالایی بر عملکرد دانه داشتند، بنابراین به نظر می‌رسد که ارتفاع بوته از طریق وزن دانه‌ها و وزن غلاف‌ها از طریق تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه در غلاف، آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه ارقام سویا دارند.

رشدی، انتخاب می‌تواند بطور مستقیم برای ژنوتیپ‌هایی با تعداد غلاف بیشتر انجام شود. سولیستیو و همکاران (Sulistyo *et al.*, 2017) نیز گزارش دادند که طول دوره گلدهی و ارتفاع بوته اثر مستقیم مثبتی بر عملکرد سویا دارد. در یک آزمایش دیگر با ارزیابی خصوصیات مورفولوژیک ۱۴۱ لاین اصلاحی و سه رقم شاهد گزارش شد که تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته می‌توانند به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های گزینشی در برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود عملکرد دانه سویا



شکل ۱- تجزیه مسیر ترتیبی اثر صفات مورفولوژیک بر عملکرد دانه ارقام سویا (۱۳۹۹)

Fig. 1. Sequential path analysis of effect of morphological traits on seed yield of soybean cultivars (2020)



شکل ۲- تجزیه مسیر ترتیبی اثر صفات مورفولوژیک بر عملکرد دانه ارقام سویا (۱۴۰۰)

Fig. 2. Sequential path analysis of effect of morphological traits on seed yield of soybean cultivars (2021)

جدول ۶- اثر مستقیم متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته در ارقام سویا (۱۳۹۹)

Table 6. Direct effects of independent variables on dependent variables of soybean cultivars (2020)

| Dependent variables | متغیرهای وابسته | Independent variables          | متغیرهای مستقل     | اثر مستقیم<br>Direct effect | ضریب همبستگی<br>Correlation coefficient |
|---------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Seed yield          | عملکرد دانه     | Weight of pod shell            | وزن پوسته غلاف     | 0.90                        | 0.79                                    |
|                     |                 | Plant height                   | ارتفاع بوته        | 0.35                        | 0.04                                    |
| Weight of pod shell | وزن پوسته غلاف  | No. of pod.plant <sup>-1</sup> | تعداد غلاف         | 0.78                        | 0.95                                    |
|                     |                 | Pod weight                     | وزن غلاف           | 0.22                        | 0.82                                    |
| Plant height        | ارتفاع بوته     | Seed.pod <sup>-1</sup>         | تعداد دانه در غلاف | 0.47                        | 0.42                                    |
|                     |                 | 100 seed weight                | وزن ۱۰۰ دانه       | 0.43                        | 0.38                                    |

جدول ۷- اثر مستقیم متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته در ارقام سویا (۱۴۰۰)

Table 7. Direct effects of independent variables on dependent variables of soybean cultivars (2021)

| Dependent variables | متغیرهای وابسته | Independent variables          | متغیرهای مستقل     | اثر مستقیم<br>Direct effect | ضریب همبستگی<br>Correlation coefficient |
|---------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Seed yield          | عملکرد دانه     | Pod weight                     | وزن غلاف           | 0.76                        | 0.81                                    |
|                     |                 | Plant height                   | ارتفاع بوته        | 0.23                        | 0.42                                    |
|                     |                 | No. of pod.plant <sup>-1</sup> | تعداد غلاف         | 0.84                        | 0.73                                    |
|                     |                 | Plant height                   | ارتفاع بوته        | 0.11                        | 0.26                                    |
| Pod weight          | وزن غلاف        | Seed weight                    | وزن دانه           | 0.39                        | -0.03                                   |
|                     |                 | Weight of pod shell            | وزن پوسته غلاف     | 0.20                        | 0.59                                    |
|                     |                 | Seed.pod <sup>-1</sup>         | تعداد دانه در غلاف | 0.32                        | 0.15                                    |
|                     |                 | Pod weight                     | وزن غلاف           | 0.27                        | 0.26                                    |
| Plant height        | ارتفاع بوته     | Pod weight                     | وزن غلاف           | 0.41                        | 0.40                                    |

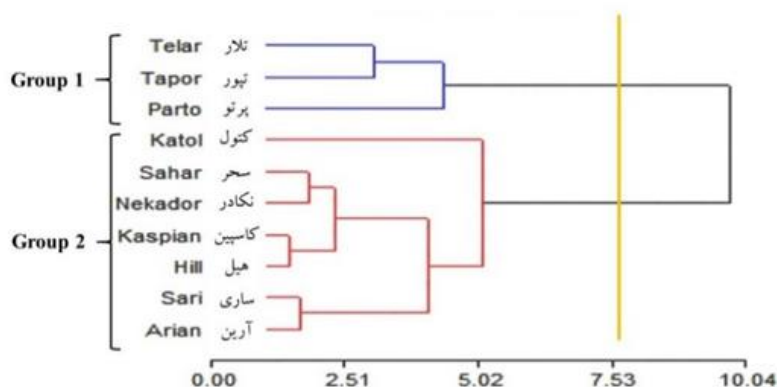
قرار گرفته و در نتیجه وزن دانه‌ها کاهش خواهد یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر اصلاح برای اجزای عملکرد، اصلاح ظرفیت فتوسنتزی نیز می‌تواند در جهت افزایش عملکرد دانه مورد توجه قرار داده شود.

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای در سال اول، ارقام سویا به دو گروه تقسیم شدند (شکل ۳). رقم تلار، پیور و پرتو با بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد غلاف، بیشترین وزن غلاف‌ها و بالاترین عملکرد دانه در گروه اول و سایر ارقام با بیشترین ارتفاع بوته و کمترین وزن دانه در گروه دوم قرار گرفتند (جدول ۸). در سال دوم ارقام سویا به سه گروه تقسیم شدند (شکل ۴). رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته، بیشترین وزن غلاف، بیشترین وزن دانه و بالاترین عملکرد دانه در گروه اول قرار گرفت. ارقام کاسپین، پیور، سحر، نکادر و هیل نیز با کمترین تعداد شاخه فرعی و کمترین عملکرد دانه در گروه دوم و ارقام پرتو، تلار، ساری و

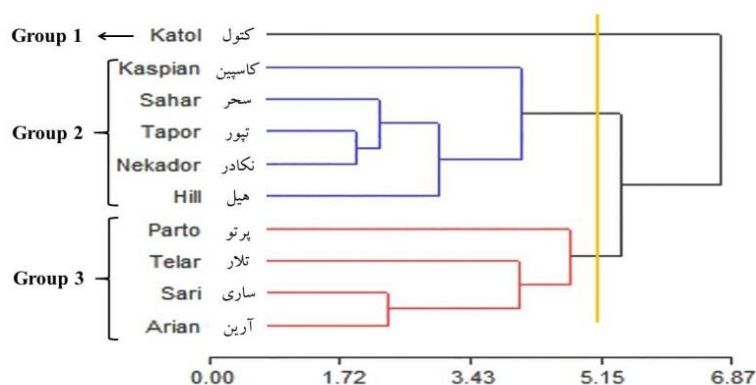
علیرغم اینکه گزارش شده است وزن ۱۰۰ دانه سهم بالایی در عملکرد دانه سویا دارد (Jadeja *et al.*, 2016; Karyawati and Puspitaningrum, 2021)، اما بیزتی و همکاران (Bizeti *et al.*, 2004)، با ارزیابی ژنوتیپ‌های با اندازه بذر مختلف دریافتند که عملکرد دانه ارتباط معنی‌داری با وزن دانه ندارد. برخی از محققان دیگر نیز بین وزن دانه با تعداد غلاف و یا تعداد دانه در سویا ارتباط معکوسی گزارش کرده‌اند (Valencia-Ramirez and Ligarreto-Moreno, 2012; Sedghi and Amanpour-Teodoro *et al.*, 2015; Balaneji, 2010). نتایج یک آزمایش نشان داد که تیمار بوته‌های سویا با اسید آمینه اگرچه باعث افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه‌ها شد، اما وزن دانه‌ها کاهش یافت (Dadashi, *et al.*, 2020). با توجه به نتایج این تحقیق و سایر گزارشات به نظر می‌رسد که با افزایش تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه‌ها، مواد فتوسنتزی کمتری در اختیار دانه‌ها

پرتو برای پاکوتاهی و تعداد بالای غلاف، رقم کتول برای پابندی و وزن بالای دانه‌ها و رقم تپور برای تعداد بالای دانه در غلاف، با کمترین تغییرات، پایداری مناسبی داشتند که می‌توان از آنها در برنامه‌های به‌نژادی سویا استفاده کرد (جدول‌های ۸ و ۹).

آرین با بیشترین تعداد غلاف و کمترین تعداد دانه در غلاف در گروه سوم قرار گرفتند (جدول ۹). اگرچه بر اساس ضرایب فاصله‌ای اقلیدسی سال اول و دوم، ارقام پرتو و کتول با بیشترین اختلاف برای ارتفاع بوته بیشترین فاصله را داشتند (جدول ۱۰)، اما ارقام تلار و



شکل ۳- تجزیه خوشه‌ای ارقام سویا براساس الگوریتم خوشه بندی Ward و ضریب فاصله اقلیدسی (۱۳۹۹)  
Fig. 3. Cluster analysis of soybean cultivars based on Ward's clustering algorithm and Euclidean (2020)



شکل ۴- تجزیه خوشه‌ای ارقام سویا براساس الگوریتم خوشه بندی Ward و ضریب فاصله اقلیدسی (۱۴۰۰)  
Fig. 4. Cluster analysis of soybean cultivars based on Ward's clustering algorithm and Euclidean (2021)

(Kohkan et al., 2014). با توجه به این نتایج می‌توان استنباط کرد که رقم کتول می‌تواند به عنوان والد اصلاحی مطلوب در به‌نژادی عملکرد دانه سویا مورد توجه قرار داده شود.

نتایج یک تحقیق درخصوص مقایسه صفات مورفولوژیک ۱۴۱ لاین با سه رقم شاهد سویا نیز نشان داد که رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته و بیشترین وزن دانه، بالاترین عملکرد دانه را داشت

جدول ۸- گروه‌بندی ارقام سویا بر اساس میانگین صفات گیاهی (۱۳۹۹)

Table 8. Grouping of soybean cultivars based on mean of plant traits (2020)

| گروه  | ارقام سویا        | ارتفاع بوته       | تعداد شاخه فرعی | تعداد دانه در غلاف     | تعداد غلاف                     | وزن غلاف       | وزن پوسته غلاف          | وزن ۱۰۰ دانه        | عملکرد دانه                       |
|-------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Group | Soybean cultivars | Plant height (cm) | No. of branches | Seed.pod <sup>-1</sup> | No. of pod.plant <sup>-1</sup> | Pod weight (g) | Weight of pod shell (g) | 100 seed weight (g) | Seed yield (kg.ha <sup>-1</sup> ) |
| 1     | Telar             | تلار              | 2.3             | 2.2                    | 111.7                          | 37.9           | 16.1                    | 7.1                 | 2422                              |
|       | Tapour            | تپور              |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Parto             | پرتو              |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
| 2     | Katol             | کتول              | 1.6             | 2.0                    | 47.4                           | 23.6           | 7.6                     | 8.4                 | 1523                              |
|       | Sahar             | سحر               |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Nekador           | نکادر             |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Caspian           | کاسپین            |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Hill              | هیل               |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Sari              | ساری              |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Arian             | آرین              |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Mean              | میانگین           | 1.9             | 2.1                    | 79.6                           | 30.7           | 11.9                    | 7.7                 | 1973                              |

جدول ۹- گروه‌بندی ارقام سویا بر اساس میانگین صفات گیاهی (۱۴۰۰)

Table 9. Grouping of soybean cultivars based on mean of plant traits (2021)

| گروه  | ارقام سویا        | ارتفاع بوته       | تعداد شاخه فرعی | تعداد دانه در غلاف     | تعداد غلاف                     | وزن غلاف       | وزن پوسته غلاف          | وزن ۱۰۰ دانه        | عملکرد دانه                       |
|-------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Group | Soybean cultivars | Plant height (cm) | No. of branches | Seed.pod <sup>-1</sup> | No. of pod.plant <sup>-1</sup> | Pod weight (g) | Weight of pod shell (g) | 100 seed weight (g) | Seed yield (kg.ha <sup>-1</sup> ) |
| 1     | Katol             | کتول              | 3.5             | 2.1                    | 81.1                           | 46.7           | 14.5                    | 11.0                | 3294                              |
| 2     | Caspian           | کاسپین            | 1.7             | 2.2                    | 69.7                           | 32.9           | 13.5                    | 8.0                 | 2127                              |
|       | Tapour            | تپور              |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Sahar             | سحر               |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Nekador           | نکادر             |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
| 3     | Hill              | هیل               | 3.1             | 2.0                    | 89.5                           | 37.3           | 13.0                    | 8.3                 | 2367                              |
|       | Parto             | پرتو              |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Telar             | تلار              |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Sari              | ساری              |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Arian             | آرین              |                 |                        |                                |                |                         |                     |                                   |
|       | Mean              | میانگین           | 2.8             | 2.1                    | 80.1                           | 39.0           | 13.6                    | 9.1                 | 2596                              |

جدول ۱۰- ماتریس ژنتیکی ارقام سویا بر اساس ضریب فاصله اقلیدسی

Table 10. Genetic matrix of soybean cultivars based on Euclidean distance coefficient

| ارقام سویا        | آرین  | هیل  | کاسپین  | کتول  | نکادر   | پرتو  | سحر   | ساری | تپور  | تلار  |
|-------------------|-------|------|---------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|
| Soybean cultivars | Arian | Hill | Caspian | Katol | Nekador | Parto | Sahar | Sari | Tapor | Telar |
| Arian             | 0     | 3.81 | 4.36    | 3.96  | 3.86    | 3.92  | 2.87  | 2.36 | 3.95  | 3.77  |
| Hill              | 3.76  | 0    | 4.13    | 5.78  | 2.67    | 4.38  | 3.4   | 3.27 | 2.07  | 3.76  |
| Caspian           | 3.20  | 1.45 | 0       | 5.83  | 2.9     | 5.26  | 3.34  | 4.34 | 3.51  | 4.11  |
| Katol             | 4.43  | 4.38 | 3.66    | 0     | 4.97    | 7.04  | 4.81  | 4.74 | 6.11  | 4.37  |
| Nekador           | 3.08  | 2.54 | 1.57    | 3.22  | 0       | 4.96  | 2.22  | 3.05 | 1.92  | 3.2   |
| Parto             | 5.37  | 6.56 | 6.61    | 6.72  | 6.11    | 0     | 3.5   | 4.28 | 3.67  | 4.5   |
| Sahar             | 3.07  | 1.99 | 1.79    | 3.59  | 1.82    | 5.09  | 0     | 2.48 | 2.11  | 3.26  |
| Sari              | 1.66  | 2.25 | 1.94    | 4.18  | 2.07    | 5.35  | 1.82  | 0    | 3.07  | 3.51  |
| Tapor             | 4.97  | 5.22 | 4.93    | 5.38  | 4.15    | 3.24  | 3.67  | 4.41 | 0     | 3.71  |
| Telar             | 4.64  | 3.7  | 3.72    | 3.88  | 2.88    | 4.84  | 2.52  | 3.61 | 3.07  | 0     |

ضرایب پائین قطر برای سال اول و بالای قطر برای سال دوم هستند

Coefficients below the diameter are for the first year and above the diameter are for the second year

### نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر سال به جز برای صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی برای صفات زایشی معنی دار بود. بین ارقام سویا تفاوت معنی داری برای صفات رویشی و زایشی مشاهده شد. این موضوع نشان می دهد که بین ارقام زراعی سویای داخلی تنوع قابل ملاحظه ای برای صفات مورفولوژیک وجود دارد. رقم تلار با بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین تعداد غلاف، بیشترین تعداد دانه در غلاف و بیشترین وزن غلاف ها، بیشترین عملکرد را در سال اول و رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته، بیشترین تعداد شاخه فرعی، بیشترین وزن غلاف ها و بیشترین وزن ۱۰۰ دانه، بیشترین عملکرد را در سال اول و دوم داشتند.

بر اساس نتایج تجزیه های چند متغیره وزن غلاف ها و ارتفاع بوته بطور مستقیم و تعداد غلاف با اثر مستقیم بر وزن غلاف و همچنین وزن ۱۰۰ دانه با اثر مستقیم بر ارتفاع بوته، بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد دانه داشتند. بین تعداد غلاف با وزن دانه ارتباط معکوسی وجود داشت. نتایج تجزیه خوشه ای نیز نشان داد

که اگرچه ارقام کتول و پرتو با بیشترین اختلاف برای ارتفاع بوته، بیشترین فاصله را برای هر دو سال آزمایش داشتند، اما ارقام تلار و پرتو برای پاکوتاهی و تعداد بالای غلاف، رقم کتول برای پابندی و وزن بالای دانه و رقم پرتو برای تعداد بالای دانه در غلاف از سایر ارقام متمایز بودند.

با توجه به نتایج این تحقیق با توجه به اینکه وزن غلاف ها، ارتفاع بوته، تعداد غلاف ها و وزن دانه آثار مثبت بالایی بر عملکرد دانه دارند، ارقام پرتو و تلار با بیشترین تعداد غلاف و رقم کتول با بیشترین ارتفاع بوته و بیشترین وزن دانه می توانند در برنامه های به نژادی سویا جهت افزایش عملکرد دانه مورد توجه قرار داده شوند.

### تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (SANRU) و پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی تبرستان (GABIT) جهت همکاری و تامین منابع مالی این پژوهش اعلام می دارند.

### References

- Abedi, Z., Najafi Zarrini, H., Emadi, S. M. and Bagheri, N. 2019.** Evaluation of relationship between agronomical and physiological traits of soybean and grouping of soybean genotypes under different amount of sulfur application. *Journal of Crop Breeding*, 11(29), pp.134-142. [In Persian] <https://doi.org/10.29252/jcb.11.29.134>
- Aondover, S., Lekan, B. L. and Terkimbi, V. 2013.** Correlation, path coefficient and principal component analysis of seed yield in soybean genotypes. *International Journal of Advanced Research*, 1(7), pp.1-5.
- Ascencio-Luciano, G., Maldonado-Moreno, N., Garcia-Olivares, J. G. and Gill-Langarica, H. R. 2013.** AMMI and sequential path analyses of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] experimental lines in a breeding program in the Mexican tropics. *Australian Journal of Crop Science*, 7(11), pp.1772-1779.
- Balla, M. Y. and Ibrahim, S.E. 2017.** Genotypic correlation and path coefficient analysis of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] for yield and its components. *Agricultural Research and Technology*, 7(3), pp.1-5. <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2017.07.555715>
- Bisinotto, F. F., Hamawaki, O. T., Nogueira, A. P. O., Hamawaki, R. L., Glansenapp, J. S. and Hamawaki,**

- C.L. 2017.** Path analysis and traits correlation in soybean. *Communications in Plant Sciences*, 7(1/2), pp.27-33. <https://doi.org/10.26814/cps2017005>
- Bizeti, H. S., Carvalho, C. G., Souza, J. R. and Destro, D. 2004.** Path analysis under multicollinearity in soybean. *Brazilian Archives for Biology and Technology*, 47(5), pp.669-676. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000500001>
- Boelt, B. and Gislum, R. 2010.** Seed yield components and their potential interaction in grasses to what extend does seed weight influence yield?. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Herbage Seed Conference, 11–13 April 2010. Dallas TX. USA.
- Dadashi, M. R., Najafi Kanbehbin, H., Faraji, A. and Soltani, A. 2020.** Effect of time and intensity of defoliation on quantitative and qualitative characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under the consumption of amino acids condition. *Journal of Crop Production*, 13(2), pp.17-36. [In Persian]. <https://doi.org/10.22069/ejcp.2020.15797.2175>
- Dewey, D. R. and Lu, K. H. 1959.** A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agronomy Journal*, 51, pp.515–518. <https://doi.org/10.2134/agronj1959.00021962005100090002x>
- Ghanbari, S., Nooshkam, A., Fakheri, B. A. and Mahdinezhad, N. 2019.** Relationship between yield and its Component in soybean genotypes (*Glycine Max* L.) using multivariate statistical methods. *Journal of Crop Breeding*, 11(29), pp.85-92. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jcb.11.29.85>
- Ghanbari, S., Nooshkam, A., Fakheri, B. A. and Mahdinezhad, N. 2018.** Assessment of yield and yield component of soybean genotypes (*Glycine max* L.) in north of Khuzestan. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21, pp.435-441. <https://doi.org/10.1007/s12892-018-0023-0>.
- Jadeja J. M., Patel, D. A., Parmar, H. K. and Sisara, H. C. 2016.** Assessment of genetic variability, correlation and path analysis for yield and its component in soybean. *The Bioscan*, 11(2), pp.965-969.
- Kargar, S. M. A., Mostafaei, A., Majidi Heravan, E. and Poordad, S. 2012.** Evaluation of correlation and path analysis on traits of soybean genotypes under water deficit stress. *Crop Production in Environmental Stress*, 4(2), pp.31-45. [In Persian].
- Karyawati, A. S. and Puspitaningrum, E. S V. 2021.** Correlation and path analysis for agronomic traits contributing to yield in 30 genotypes of soybean. *Biodiversity Journal*, 22(3), pp. 1146-1151. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220309>
- Kohkan, H., Mohammadi, A., Alishah, O. and Hezarjaribi, E. 2014.** Study on relationships among yield and some agronomic traits using path coefficient analysis in pure lines soybean. *Agronomy Journal*, 104, pp.29-36. [In Persian]. <https://doi.org/10.22092/aj.2015.105673>
- Mahbub, M. and Shirazy, B. J. 2016.** Evaluation of genetic diversity in different genotypes of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *American Journal of Plant Biology*, 1(1), pp.24-29. <https://doi.org/10.11648/j.ajpb.20160101.14>
- Majidian, P., Masoudi, B. and Sadeghi, G. H. 2019.** Preliminary evaluation of imported cultivars and pure

- lines of soybean (*Glycine Max* L.) based on agronomic traits and resistance to Phytophthora rot. *Journal of Crop Breeding*, pp.98-107. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jcb.11.30.98>
- Malik, M. F. A., Ashraf, M., Qureshi, A. S. and Khan, M. R. 2011.** Investigation and comparison of some morphological traits of the soybean populations using cluster analysis. *Pakistan Journal of Botany*, 43(2), pp.1249-1255.
- Moosavi, S. S., Mirhadi, S. M. J., Imani, A. A., Khaneghah, A. M. and Moghanlou, B. S. 2011.** Study of effect of planting date on vegetative traits, reproductive traits and grain yield of soybean cultivars in cold region of Ardabil (Iran). *African Journal of Agricultural Research*, 6(21), pp.4879-4883. <https://www.academicjournals.org/AJAR>
- Razmi, N., Iran Nejad, J., Khanzadeh, H. and Soheili Mogaddam, B. 2013.** The effects of different irrigation regimes on the morphological and physiological characteristics of three soybean cultivars (*Glycine max*). *Journal of Crop Ecophysiology*, 7(25), pp.57-70. [In Persian].
- Rezaii-Zad, E., Yazdi Samadi, B., Ahmadi, M. R. and Zainali, H. 2001.** Assessment the relationship between grain yield and component in soybean by path analysis. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 5(3), pp.107-114. [In Persian]. <https://jstnar.iut.ac.ir/article-1-68-fa.html>
- Sedghi, M. and Amanpour-Balaneji, B. 2010.** Sequential path model for grain yield in soybean. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(3), pp.104-109. <https://www.notulaebiologicae.ro>
- Sulistyo, A. and Sari, K. P. 2018.** Correlation, path analysis and heritability estimation for agronomic traits contribute to yield on soybean. *Earth and Environmental Science*, 102: 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012034>
- Teodoro, P. E., Ribeiro, L. P., Correa, C. C. G., dL. Junior, R. A. A., dS. Zanuncio, A., Capristo, D. P. and Torres, F. E. 2015.** Path analysis in soybean genotypes as function of growth habit. *Bioscience Journal*, 31(3), pp.794-799. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-26094>
- Valencia-Ramirez, R. A. and Ligarreto-Moreno, G. A. 2012.** Phenotypic correlation and path analysis for yield in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Acta agronomica*, 61(4), pp.353-363.