

Research Paper

Investigating the Genetic Diversity of Green Pea Accessions from the National Plant Gene Bank of Iran

Mehrzad Ahmadi¹, Ali Akbar Ghanbari², Maryam Mahmoodi³, Simin Taheri Ardestani⁴, Masoumeh Pouresmael Foshazadeh⁵, and Farangis Ghanavati⁶

- 1- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, (Corresponding author: ahmadimehrzad@ymail.com)
- 2- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
- 3- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
- 4- Researcher, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
- 5- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
- 6- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 3 November, 2024

Revised: 10 December, 2024

Accepted: 29 January, 2025

Extended Abstract

Background: Green pea (*Pisum sativum* L.) is the fourth most important legumes in the world, which is consumed as dry, green, and fodder peas. It is an annual, self-pollinating, and diploid ($2n = 2x = 14$) plant that is widely cultivated as a garden and field crop throughout the temperate regions of the world. Although this plant has been cultivated in Iran for a long time, few studies are available on the genotypes collected in Iran and their characteristics and genetic diversity. Between 2005 and 2009, there was a program to collect the vegetable genotypes of the country with the efforts of researchers and experts from all over the country aiming to preserve the native populations. The accessions in the country have been severely eroded due to the desire of farmers to cultivate foreign cultivars, and many of the accessions in the vegetable collection of the gene bank are unique; hence, it is not possible to find these accessions in the country anymore. These accessions are usually adapted to the weather conditions, pests, and diseases of the country and are very important in the development of sustainable cultivation. In green peas, foreign cultivars are most welcomed by farmers. Therefore, the accessions of the green pea collection of the Gene Bank are of special importance.

Methods: In this study, 63 green pea accessions, along with five commercial varieties Utrillo, Wando, Mr. Big, Alderman, and Rondo, were cultivated and evaluated in seven blocks in an augment design in the research field of the National Plant Gene Bank of Iran (Seed and Plant Improvement Institute) in 2020-2021. Each accession was cultivated in a 2-meter line with a row distance of 60 cm and a plant distance of 10 cm. Then, 38 agronomic and morphological traits were evaluated according to the UPOV descriptor in traits related to leaves, flowers, pods, and seeds. The Shannon index (H') was used to determine the diversity of qualitative traits. Data were analyzed using SPSS and SAS statistical software, and the correlation was calculated using Pearson's method. The genotypes were grouped using cluster analysis.

Results: According to the results, the highest coefficient of variation (CV) in quantitative traits is respectively for the peduncle length between the first and second pods (1.30 cm) and the spore length (0.85 cm). The lowest CV was obtained for the standard petal width (0.14 cm) and the total length of the petiole, including tendrils (0.15 cm). The highest Shannon's coefficient in qualitative traits was observed in the density of flecking stipules (1.33), stipule size (1.09), and pod curvature (1.04). The lowest Shannon's coefficient was observed in having leaflets (0.09). The strongest positive correlation was obtained between the weight of one-hundred seeds and the length and width of the pod, as well as between the length and width of the pod.

The principal component analysis showed that the first four components included 65% of the total changes. In the first component, which accounted for 33% of the observed changes, the most important traits affecting this component were one-hundred dry seed weight, length, and width of pods. The second component justified 15% of the data changes and had a strong and positive



relationship with the leaflet length and the petiole length. The third component justified 10% of the data changes and had a strong and positive relationship with the length from the peduncle to the first pod and the number of seeds per pod. The fourth component accounted for 7% of the observed changes and had a strong and positive relationship with the length of the distance from the length between the first and second pods and the stipule length from the axil to the tip.

In cluster analysis, the genetic accessions were classified into seven separate groups, respectively, 8, 26, 6, 1, 2, 13, and 12. The grouping of genetic accessions was independent of their geographical origins. The different genetic accessions of the investigated green peas had a wide range of morphological characteristics, which indicates the high genetic diversity of this crop.

Conclusion: The results showed a range of 32 days in the number of days to flowering, a range of 90 cm in the plant height, and a range of 24 g in one hundred seed weight. In this research, genetic accessions 38, 79, 83, and 82 were the earliest flowering genotypes, genetic accessions Mr. Big and 81 had the largest pod length, and genetic accessions 81 and 83 had the largest pod width. Genetic accessions 80, 82, and 58 had the highest one-hundred seed weight. Many genetic diversities were observed in the characteristics of the type of bracket and the margin of the stipule in an Iranian accession; thus, it seems necessary to include these characteristics in the international descriptor of green peas. In this study, a high genetic diversity was observed among green pea accessions in the country, and this diversity can be used in breeding programs to obtain cultivars compatible with Iran's cultivation areas.

Keywords: Cluster analysis, Correlation, Genetic diversity, Green pea

How to Cite This Article: Ahmadi, M., Ghanbari, A. A., Mahmoodi, M., Taheri Ardestani, S., Pouresmael Foshazadeh, M., & Ghanavati, F. (2025). Investigating the Genetic Diversity of Green Pea Accessions from the National Plant Gene Bank of Iran. *J Crop Breed*, 17(2), 12-28. DOI: 10.61882/jcb.2024.1527

مقاله پژوهشی

بررسی تنوع ژنتیکی نمونه‌های نخودفرنگی بانک ژن گیاهی ملی ایران

مهرزاد احمدی^۱، علی اکبر قنبری^۲، مریم محمودی^۳، سیمین طاهری اردستانی^۴، معصومه پوراسماعیل فوشازاده^۵ و فرنگیس قنواتی^۶

۱- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،
(نویسنده مسوول: ahmadimehrzad@gmail.com)

۲- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۴- محقق، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۵- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۶- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۰
صفحه: ۱۲ تا ۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) چهارمین گیاه مهم از گروه حبوبات در جهان است که به‌صورت نخود خشک، نخود سبز و نخود علوفه‌ای مصرف می‌شود. این گیاه یک ساله، خود گرده‌افشان و دیپلوئید ($2n = 2x = 14$) است که به‌عنوان یک محصول باغی و مزرعه‌ای به‌طور گسترده در سراسر مناطق معتدل جهان کشت می‌شود. این گیاه با وجود این که از دیرباز در ایران کشت می‌شده است، اما مطالعات اندکی بر روی ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده در ایران و خصوصیات و تنوع ژنتیکی آنها در دسترس هستند. با توجه به تمایل کشاورزان به کشت ارقام خارجی، نمونه‌های موجود در کشور مورد فرسایش شدیدی قرار گرفته‌اند و بسیاری از نمونه‌های موجود در کلکسیون سبزی و صیفی بانک ژن یونیک هستند و امکان پیدا کردن این نمونه‌ها در عرصه وجود ندارد. این نمونه‌ها معمولاً به شرایط آب و هوایی و آفات و بیماری‌های کشور سازگار هستند و در توسعه کشت پایدار اهمیت به‌سزایی دارند. بنابراین، نمونه‌های کلکسیون نخودفرنگی بانک ژن از اهمیت ویژه برخوردار هستند. در این تحقیق به بررسی تنوع ژنتیکی نمونه‌های نخودفرنگی بانک ژن پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها: در این بررسی، ۶۳ نمونه نخودفرنگی به‌همراه پنج رقم تجاری Utrillo و Wando، Mr. Big، Alderman، Rondo در سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مزرعه پژوهشی بانک ژن گیاهی ملی ایران (موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) به‌صورت طرح آگمنت در هفت بلوک کشت شدند و مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر نمونه در یک خط دو متری با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۱۰ سانتی‌متر کشت شد. ۳۸ ویژگی زراعی و مورفولوژیکی بر اساس دستورالعمل UPOV در صفات مربوط به برگ، گل، غلاف و دانه ارزیابی شد. همچنین، به‌منظور تعیین تنوع صفات کیفی از شاخص شانون (H') استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و محاسبه همبستگی با روش پیرسون و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه کلاستر انجام شد.

یافته‌ها: طبق نتایج، بیشترین ضریب تغییرات در صفات کمی (CV) به‌ترتیب برای طول فاصله اولین تا دومین غلاف (۱/۳ cm) و طول اسپور (۰/۸۵ cm) و کمترین ضریب تغییرات عرض استاندارد (۰/۱۴ cm) و طول ساقه تا آخر پیچک (۰/۱۵ cm) به‌دست آمد. بیشترین ضریب شانون در صفات کیفی در صفات شدت نقاط گوشوارک (۱/۳۳)، سایز گوشوارک (۱/۰۹) و انحناء غلاف (۱/۰۴) مشاهده شد. کمترین ضریب شانون در صفت برگچه‌دار بودن (۰/۰۹) مشاهده شد. قوی‌ترین همبستگی مثبت بین وزن صد دانه با طول و عرض غلاف و همچنین بین طول غلاف با عرض غلاف به‌دست آمد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که چهار مؤلفه اول در برگ‌برنده ۶۵٪ از کل تغییرات بودند. در مؤلفه اول که ۳۳ درصد از تغییرات مشاهده شده را به‌خود اختصاص داد، مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر این مؤلفه وزن صد دانه خشک، طول و عرض غلاف بودند. مؤلفه دوم ۱۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و دارای ارتباط قوی و مثبت با طول برگچه و طول دم‌برگ بود. مؤلفه سوم ۱۰ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و دارای ارتباط قوی و مثبت با طول از ساقه تا اولین غلاف و تعداد بذر در غلاف بود. مؤلفه چهارم ۷ درصد از تغییرات مشاهده شده را به‌خود اختصاص داد و با صفات طول فاصله اولین تا دومین غلاف و طول گوشوارک از نوک تا ساقه ارتباط قوی و مثبت بود. در تجزیه خوشه‌ای، نمونه‌های ژنتیکی به هفت گروه مجزا به‌ترتیب ۸، ۲۶، ۱، ۲، ۱۳ و ۱۲ طبقه‌بندی شدند. گروه‌بندی نمونه‌های ژنتیکی مستقل از منشأ جغرافیایی آنها بود. نمونه‌های ژنتیکی مختلف نخودفرنگی مورد بررسی دارای طیف وسیعی از خصوصیات ریخت‌شناسی بودند که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالای این محصول است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان دهنده وجود دامنه ۳۲ روزه در تعداد روز تا شروع گلدهی، دامنه ۹۰ سانتی‌متری در ارتفاع بوته و دامنه ۲۴ گرم در وزن صد دانه بود. در این تحقیق، نمونه‌های ژنتیکی ۳۸، ۷۹، ۸۳ و ۸۲ زودگل‌ترین ژنوتیپ بودند و نمونه‌های ژنتیکی Mr. Big و ۸۱ بیشترین طول و نمونه‌های ژنتیکی ۸۱ و ۸۳ بیشترین عرض غلاف را داشتند. نمونه‌های ژنتیکی ۸۰، ۸۲ و ۵۸ بیشترین وزن صد دانه را داشتند. در صفات نوع برکت و حاشیه گوشوارک، تنوع زیادی در نمونه‌های ایرانی مشاهده شد که به‌نظر می‌رسد گنجانیدن این صفات در دستورالعمل آزمون تیپ نخودفرنگی (دیسکریپتور) ضروری باشد. در این مطالعه، تنوع ژنتیکی بالایی در بین نمونه‌های نخودفرنگی موجود در کشور مشاهده شد که از این تنوع می‌توان در برنامه‌های به‌زادی و برای دستیابی به ارقام سازگار با مناطق کشت ایران بهره‌برداری کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه کلاستر، تنوع ژنتیکی، نخودفرنگی، همبستگی

مقدمه

است، مناسب است (Jensen & Hauggaard-Nielsen, 2003; Galloway et al., 2008).

یک‌چهارم از نیتروژنی که سالانه در زمین‌های زراعی به‌عنوان کودهای شیمیایی اعمال می‌شود به‌واسطه تثبیت بیولوژیکی نیتروژن (BNF^1) حبوبات دانه‌ای (لگوم و لگوم دانه روغنی) است (Herridge et al., 2008). نخودفرنگی

حبوبات منبع پایدار پروتئین در رژیم غذایی انسان و دام هستند. با توجه به توانایی آنها در ایجاد همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، کشت آنها برای کاهش استفاده از کودهای نیتروژنی که از عوامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای

¹. Biological nitrogen fixation

مطالعات متعددی بر روی تنوع ژنتیکی جنس *Pisum* با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیکی و صفات زراعی صورت گرفته‌اند (Yirga et al., 2013; Gixhari et al., 2014). (Ouafi et al., 2016). در بررسی که بر روی تنوع ژنتیکی ۲۸ ژنوتیپ نخودفرنگی در منطقه بهار هند انجام شد، نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که بین ژنوتیپ‌ها در کلیه صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌دار وجود داشت و ژنوتیپ‌ها در ۹ گروه متفاوت قرار گرفتند (Mamatha, 2022).

تحقیقی بر روی صفات زراعی و بیوشیمیایی ۴۷ نمونه ژنتیکی نخودفرنگی منتخب از ژرم‌پلاسِم ۲۰۰ نمونه‌ای نخودفرنگی در پنجاب هند صورت گرفت. از ۲۴ صفت مورد ارزیابی، بیشترین تنوع در عملکرد غلاف سبز در بوته و ارتفاع بوته مشاهده شد و در صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد لکه در غلاف، وزن غلاف، طول، عرض و ضخامت غلاف تنوع معنی‌داری مشاهده نشد (Singh, 2021). سمیکال و همکاران (Smykal et al., 2018) نخود وحشی (*Pisum sativum* subsp. *elatus*) را منبع مهمی از تنوع ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی به‌ویژه در زمینه تغییرات اقلیمی دانستند. آنها ۱۴ جمعیت مختلف نخودفرنگی جمع‌آوری شده از مناطق مختلف ترکیه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات نشان دادند که تنوع ژنتیکی نخود وحشی به‌جای درون جمعیت‌ها به‌طور گسترده بین جمعیت‌ها توزیع شده بود و تفاوت بین جمعیت‌ها منعکس‌کننده فاصله مکانی (IBD)^۲ به‌جای فاصله محیطی (IBE)^۳ بود.

بر این اساس، در یک محل احتمالاً جمعیت‌ها شبیه‌تر از جمعیت‌های دورتر هستند. محیط نقشی در ساختار ژنتیکی شناسایی شده نداشته است. مطابق با نتایج، از آنجایی که IBD به‌جای IBE ساختار ژنتیکی را در نخود وحشی هدایت می‌کند، بنابراین بیشتر تغییراتی که در درون و بین جمعیت‌ها شناسایی شدند، منعکس‌کننده فرآیندهای ژنتیکی مانند رانش^۴، اثر بنیان‌گذار^۵ و تلاقی نادر^۶ با افراد مرتبط بودند و فشار انتخاب محیطی در ساختار ژنتیکی جمعیت‌های وحشی نخودفرنگی تأثیر نداشت. همچنین، فعالیت‌های طولانی‌مدت انسان در این منطقه سبب تکه‌تکه شدن زیستگاه‌های مناسب نخودفرنگی وحشی شده است (Smykal et al., 2018).

نخودفرنگی با اینکه بومی ایران است ولی متأسفانه اطلاعات اندکی از تنوع ژنتیکی نمونه‌های بومی و وحشی ایران در دسترس است و هنوز گونه‌های جدیدی از نخود فرنگی در ایران معرفی می‌شوند (Kosterin et al., 2020). در این پژوهش، به ارزیابی تنوع صفات مورفولوژیکی و زراعی در نمونه‌های ژنتیکی نخودفرنگی موجود در بانک ژن پرداخته شده است. این نمونه‌ها از نمونه‌های جمع‌آوری شده از مناطق مختلف کشور و همچنین نمونه‌های دریافتی از روسیه و نیوزلند تشکیل می‌شوند.

مواد و روش‌ها

(*Pisum sativum* L.) گیاهی یک‌ساله، خود گرده‌افشان و دیپلوئید ($2n = 2x = 14$) است که به‌عنوان یک محصول باغی و مزرعه‌ای به‌طور گسترده در سراسر مناطق معتدل جهان کشت می‌شود. نخودفرنگی به طیف وسیعی از اقلیم‌ها و ارتفاعات سازگار است و در نتیجه، تنوع ژرم‌پلاسِم نخودفرنگی بسیار زیاد است (Burstin et al., 2015). نخودفرنگی در درجه اول به‌دلیل کیفیت تغذیه‌ای دانه‌های آن ارزشمند است. پروتئین نخودفرنگی دارای مقدار کمی اسیدهای آمینه گوگردار (سیستئین و متیونین) است، اما غنی از لیزین و سایر اسیدهای آمینه ضروری است (Ceyhan et al., 2005)، که ارزش غذایی بالایی در سید غذایی خانوارهای فقیر دارد (Nawab et al., 2008). این گیاه دارای منبع غنی از کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، فیبرهای غذایی است (Bastainelli et al., 1998). این محصول چهارمین حبوبات مهم جهان است و پس از لوبیا، نخود و لوبیا چشم بلبلی قرار دارد (Pandey et al., 2021). با توجه به نحوه کشت، این گیاه را می‌توان به‌عنوان نخود خشک، نخود سبز و نخود علوفه‌ای طبقه‌بندی کرد (Rubiales et al., 2019, 2023). نخودفرنگی خشک که به‌نام نخود فلد^۱ نیز شناخته می‌شود، پس از رسیدن دانه‌ها برداشت می‌شود. دانه‌های کامل آن برای خوراک دام و یا به‌صورت پوست‌کنده و یا لپه‌شده در غذا استفاده می‌شوند. همچنین، نخود فرنگی به‌عنوان نخود سبز، به‌صورت دانه‌ای و یا غلاف نارس مصرف می‌شود. نخود علوفه‌ای نیز برای علوفه و یا چرا برداشت می‌شود.

میزان تولید کل نخود خشک در سال ۲۰۱۸ حدود ۱۳/۵ میلیون تن و برای نخود سبز ۲۱/۲ میلیون تن ثبت شد. چین بزرگترین تولیدکننده نخود سبز (۱۳/۰ میلیون تن) و پس از آن هند (۵/۴ میلیون تن) است، در حالی که کانادا بزرگترین تولیدکننده نخود خشک (۶/۳ میلیون تن) است و پس از آن روسیه (۲/۳ میلیون تن) و چین (۱/۵ میلیون تن) قرار دارند (FAOSTAT, 2020).

تنوع ژنتیکی گونه‌های گیاهی در به‌نژادی اهمیت به‌سزایی دارد. نخودفرنگی (*Pisum sativum*) حدود ۱۰۰۰۰ سال پیش از گونه‌های وحشی *Pisum* در "هلال حاصلخیز" شامل بخش‌هایی از ایران، ترکیه، عراق، لبنان، اسرائیل و سوریه اهلی شد (Zohary 1999; Abbo et al., 2010) و سپس در آسیای جنوب غربی، منطقه مدیترانه و اروپا پراکنده شد (Zohary et al., 2012; Smýkal et al., 2018).

در طول دو دهه گذشته، تنوع ژنتیکی نخودفرنگی به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است. در حال حاضر، تقریباً ۹۸۰۰۰ نمونه نخودفرنگی در ۲۵ بانک ژن اصلی در سراسر جهان ذخیره شده‌اند که از این میان ۵۸۰۰۰ نمونه منحصر به فرد هستند. این نمونه‌ها شامل نخودفرنگی وحشی نیز می‌شود، که تنها ۱٪ از ژرم‌پلاسِم حفاظت شده را در برمی‌گیرد (Warkentin et al., 2015; Holdsworth et al., 2017) (Smýkal et al., 2018).

^۵. Founder effect

^۶. Infrequent out-crossing

^۱. Feld pea

^۲. Isolation by distance

^۳. Isolation by environment

^۴. Drift

مواد و روش‌ها

دمبرگ: طول از ساقه تا اولین برگچه (cm) - طول ساقه تا آخر شاخک (cm) - عرض استاندارد (cm) - طول اسپور (cm) - طول از ساقه تا اولین غلاف (cm) - طول فاصله اولین تا دومین غلاف (cm) - تعداد دانه در غلاف - طول غلاف (cm) - عرض غلاف (cm) - ارتفاع بوته (cm) - تاریخ شروع گلدهی مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۳).

آماره‌های توصیفی شامل کمینه، بیشینه، دامنه تغییرات، انحراف معیار، واریانس، میانگین، مد و ضریب تغییرات برآورد گردیدند. تجزیه همبستگی بین صفات کمی بر اساس روش پیرسون انجام شد.

$$cv = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{\text{میانگین}}{\text{معیار انحراف}}$$

تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات با استفاده از SPSS انجام شد. همچنین به‌منظور تعیین تنوع صفات کیفی، از شاخص شانون (H') براساس فرمول زیر استفاده شد (Shannon & Weaver, 1949).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

در این فرمول، p_i نشان‌دهنده فراوانی نسبی هر گروه فنوتیپی در صفت مربوطه و تعداد گروه‌های فنوتیپی هر صفت است. هر چه مقدار این شاخص برای صفتی بیشتر باشد، نشان‌دهنده تنوع بیشتر آن صفت خواهد بود.

در این تحقیق، ۶۳ نمونه نخودفرنگی به‌همراه پنج رقم تجاری به‌عنوان شاهد، Rondo Utrillo, Wando, Mr. Big, Alderman و در سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مزرعه پژوهشی بانک ژن گیاهی ملی ایران (موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) به‌صورت طرح آگمنت در هفت بلوک در اردیبهشت ماه کشت شدند و مورد ارزیابی قرار گرفتند (شکل ۱ و جدول ۱). هر نمونه در یک خط دو متری با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۱۰ سانتی‌متر روی پشته کشت شد. آبیاری با استفاده از نوارهای تیپ و بر اساس نیاز انجام و کنترل علف هرز مزرعه به‌صورت دستی در دو نوبت انجام شد. وضعیت تغییرات دمای هوا بر اساس میانگین ماهیانه در طی ماه‌های سال در کرج در جدول ۲ ارائه شده است. ۳۸ صفت (جدول ۳) بر اساس دستورالعمل UPOV شامل: آنتی‌سیانین دمبرگ و ساقه - برگ: برگچه - سایز برگچه - وضعیت قسمت ضخیم برگچه - حاشیه برگچه - سایز گوشوارک - شدت لکه‌دار بودن گوشوارک - تعداد گل - رنگ بال - رنگ استاندارد - شکل پایه استاندارد - عرض قسمت بالایی کاسبرگ - شکل ارس قسمت فوقانی کاسبرگ - برکت کنار گل - تعداد غلاف در گل آذین - شکل نوک غلاف - انحنا غلاف - شکل بذر - رنگ لپه - مرمری بودن پوسته بذر - رنگ ناف - وزن صد دانه خشک (g) - طول برگچه (cm) - عرض برگچه (cm) - طول گوشوارک (cm) - عرض گوشوارک (cm) - طول گوشوارک (cm) - طول

جدول ۱- منشأ، محل جمع‌آوری و کد نمونه‌های ژنتیکی نخودفرنگی در بانک ژن گیاهی ملی ایران

Table 1. The country of origin, collection site, and the code of green pea accessions in NPGBI

شماره Entry	شماره نمونه Accession number	کشور مبدا Country of origin	استان جمع‌آوری Collection province	شماره Entry	شماره نمونه Accession number	کشور مبدا Country of origin	استان جمع‌آوری Collection province
1	230002	IRN	Unknown	35	50	IRN	Azarbajjan sharghy
2	230003	IRN	Unknown	36	51	IRN	Azarbajjan sharghy
3		IRN	Yazd	37	52	IRN	Azarbajjan sharghy
4		IRN	Mazandaran	38	53	IRN	Azarbajjan sharghy
5		IRN	Yazd	39	54	IRN	Azarbajjan sharghy
6		IRN	Mazandaran	40	55	IRN	Azarbajjan sharghy
7		IRN	Lorestan	41	56	IRN	Azarbajjan sharghy
8		IRN	Golestan	42	57	IRN	Azarbajjan sharghy
9		IRN	Azarbajjan sharghi	43	58	IRN	Kohkiluyeh & Boyerahmad
10		IRN	Azarbajjan sharghi	44	60	IRN	Azarbajjan sharghi
11		IRN	Yazd	45	61	IRN	Kerman
12		IRN	Yazd	46	67	IRN	Gilan
13		IRN	Markazi	47	68	IRN	Sistan & Balochestan
14		IRN	Hamedan	48	69	IRN	Sistan & Balochestan
15		IRN	Hamedan	49	70	IRN	Sistan & Balochestan
16		IRN	Khorasan shomali	50	71	IRN	Sistan & Balochestan
17		IRN	Khorasan jonubi	51	72	IRN	Sistan & Balochestan
18		IRN	Sistan & Balochestan	52	73	IRN	Sistan & Balochestan
19		IRN	Sistan & Balochestan	53	74	IRN	Sistan & Balochestan
20		IRN	Sistan & Balochestan	54	75	IRN	Sistan & Balochestan
21		IRN	Sistan & Balochestan	55	76	IRN	Sistan & Balochestan
22		RUS	-	56	77	NZ	-
23		RUS	-	57	78	NZ	-
24		RUS	-	58	79	NZ	-
25		RUS	-	59	80	NZ	-
26		RUS	-	60	81	NZ	-
27		RUS	-	61	82	NZ	-
28		RUS	-	62	83	NZ	-
29		RUS	-	63	84	NZ	-
30		RUS	-	64			رقم تجاری
31		IRN	Ghazvin	65			Wando
32		IRN	Azarbajjan sharghi	66			Mr. Big
33		IRN	Alborz	67			Alderman
34		IRN	Markazi	68			Rondo

IRN: ایران، NZ: کشور نیوزلند و RUS: کشور روسیه

جدول ۲- بارش، دمای کمینه و بیشینه ماهانه در سال زراعی در طول دوره رشد نخودفرنگی در کرج
Table 2. Monthly rainfall, minimum, and maximum temperatures in 2020 during the growth period of green peas in Karaj

میانگین بارندگی (mm) Average rainfall	میانگین دما (°C) Average temperature	دمای کمینه (°C) Min. temperature	دمای بیشینه (°C) Max. temperature	
1	15.2	8.1	22.2	فروردین April
10.5	21.1	13.2	28.2	اردیبهشت May
11.4	26.3	17.9	34.7	خرداد Jun
1.5	28.8	20.7	36.9	تیر July
0.1	28.0	20.0	35.9	مرداد August
0	26.2	18.5	33.9	شهریور September
0	18.3	10.7	25.9	مهر October

جدول ۳- ارزیابی صفات کیفی در گیاه نخودفرنگی طبق دستورالعمل UPOV
Table 3. Evaluation of quality traits in green peas according to the UPOV descriptor

صفات Trait	توصیف صفات characters state	
Plant: anthocyanin coloration	۱. ندارد ۹. دارد	آنتی‌سیانین دمبرگ و ساقه
Leaf: leaflets	۱. ندارد ۹. دارد	برگ: برگچه
Leaflet: size	۱. بسیار کوچک ۳. کوچک ۵. متوسط ۷. بزرگ ۹. بسیار بزرگ	سایز برگچه
Leaflet: position of broadest part	۱. وسط برگ به سمت پایین ۲. وسط برگ ۳. کاملاً در قسمت پایین برگ	وضعیت قسمت عریض برگچه
Leaflet: dentation	۱. ندارد یا بسیار کم ۳. کم ۵. متوسط ۷. قوی ۹. بسیار قوی	حاشیه برگچه
Stipule: size	۳. کم ۵. متوسط ۷. بزرگ	سایز گوشواره
Stipule: density of flecking	۱. بسیار پراکنده ۳. پراکنده ۵. متوسط ۷. فشرده ۹. بسیار فشرده	شدت لکه داربودن گوشواره
Maximum number of flowers per node	۱. یک ۳. دو ۵. سه ۷. چهار یا بیشتر	تعداد گل
Color of wing	۱. سفید با صورتی ۲. صورتی ۳. بنفش مایل به قرمز	رنگ بال
Color of standard	۱. سفید ۲. کرم مایل به سفید ۳. کرم ۴. صورتی	رنگ استاندارد
Shape of base of standard	۱. به‌شدت ایستاده ۳. متوسط ایستاده ۵. قوس‌دار ۷. قوس متوسط ۹. به‌شدت قوس‌دار	شکل پایه استاندارد
Width of upper sepal	۳. باریک ۵. متوسط ۷. عریض	عرض قسمت بالایی کاسبرگ
Shape of the apex of upper sepal	۱. نوک‌دار ۲. حاده ۳. گرد شده	شکل ارس قسمت فوقانی کاسبرگ
Bracts near the flower	۱. ندارد ۲. دارد	براکت کنار گل
The number of pods in the inflorescence	۱. یک ۲. دو	تعداد غلاف در گل آذین
Pod shape of the distal part	۱. نقطه‌ای ۲. صاف	شکل نوک غلاف
Curvature of pod	۱. عدم انحنا یا خیلی کم ۲. کم ۳. متوسط ۷. قوی ۹. بسیار قوی	انحنا غلاف
Seed: shape	۱. بیضی ۲. استوانه‌ای ۳. لوزی ۴. بی‌قاعده	شکل بذر
Color of cotyledon	۱. سبز ۲. زرد ۳. نارنجی ۴. قهوه‌ای مایل به قرمز ۵. قهوه‌ای ۶. قهوه‌ای مایل به سبز	رنگ کتیلدون
Marbling of testa	۱. ندارد ۹. دارد	مرمری بودن پوسته بذر
Hilum color	۱. هم‌رنگ پوسته بذر ۲. تیره‌تر از پوسته بذر	رنگ ناف
	۱. Same color as testa 2. Darker than testa	



شکل ۱- مناطق جمع‌آوری نمونه‌های ژنتیکی نخودفرنگی در ایران
Figure 1. Collection areas of genetic green pea accessions in Iran

نتایج و بحث

تفاوت بین بلوک‌ها برای صفات وزن صددانه خشک و طول ساقه تا آخر پیچک معنی‌دار بود ولی در مورد سایر صفات، تفاوت بین بلوک‌ها معنی‌دار نبود. لذا برای این صفات تصحیح انجام شد. برای این منظور، میانگین کل برای هر صفت از میانگین هر بلوک برای آن صفت کسر شد و با این روش، عددی برای صفت مربوط در هر بلوک حاصل گردید. در نهایت، عدد تصحیح مربوط به هر بلوک برای هر صفت از اعداد مشاهده شده برای آن صفت در بلوک مربوطه کسر شد.

۱۶ صفت کمی مهم زراعی و فنولوژیکی در این نمونه‌های ژنتیکی و ارقام شاهد ارزیابی شدند. در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰، نتایج تجزیه واریانس ارقام شاهد مورد بررسی در هفت بلوک در کرج نشان دادند که بین ارقام در کلیه صفات، به‌جز طول دمبرگ: طول از ساقه تا اولین برگچه و عرض استاندارد تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده در ارقام شاهد نخودفرنگی

Table 4. The variance analysis results for evaluated traits in green pea controls

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	وزن صد دانه خشک The weight of 100 dry seeds	طول برگچه Leaflet length	عرض برگچه Leaflet width	طول گوشوارک Stipule length	عرض گوشوارک Stipule width	طول گوشوارک از نوک تا ساقه Stipule length from the axil to the tip	طول دمبرگ: طول از ساقه تا اولین برگچه Petiole length from the axil to the first leaflet or tendril	طول ساقه تا آخر پیچک Total length of the petiole including tendrils
بلوک	6	0.08**	0.009 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.046 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.009 ^{ns}	11.1 ^{ns}	0.69**
ارقام شاهد	4	0.84**	0.29**	0.36**	1.52**	1.06**	1.70**	11.1 ^{ns}	30.7**
خطای آزمایشی	24	0.013	0.022	0.049	0.03	0.03	0.007	11.3	0.16
Error									
ضریب تغییرات CV		3.84	4.49	8.5	3.03	4.8	1.89	85.1	3.2
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	عرض استاندارد The width of standard	طول اسپور Spur length	طول از ساقه تا اولین غلاف The length from the peduncle to the first pod	طول غلاف The length of pod	عرض غلاف Pod width	ارتفاع بوته Plant height	تعداد روز تا شروع گلدهی Number of days to flowering	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod
بلوک	6	0.01 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.02 ^{ns}	4.6 ^{ns}	5.33 ^{ns}	0.23 ^{ns}
ارقام شاهد	4	0.003 ^{ns}	0.59**	0.95**	3.6**	0.39**	269.9**	667.2**	2.1**
خطای آزمایشی	24	0.006	0.01	0.06	0.07	0.010	2.7	1.03	0.26
Error									
ضریب تغییرات CV		3.8	15.9	22.4	2.82	5.78	3.9	2.41	9.8

۱/۳۰) و طول اسپور (۰/۸۵ cm) ملاحظه شد. کمترین ضریب تغییرات در صفات عرض استاندارد (۰/۱۴ cm) و طول ساقه تا آخر پیچک (۰/۱۵ cm) مشاهده شد. بیشترین ضریب شانون در صفات کیفی در صفات شدت نقاط گوشوارک (۱/۳۳)، سایز گوشوارک (۱/۰۹) و انحناء غلاف (۱/۰۴) مشاهده شد. کمترین ضریب شانون در صفت برگچه‌دار بودن (۰/۰۹) مشاهده شد.

تنوع قابل توجهی در بین نمونه‌های کلکسیون نخودفرنگی بانک ژن از نظر رنگ گل، طول گل آذین، شکل و حاشیه گوشوارک، طول اسپور، شکل و رنگ بذر و طول و عرض غلاف‌ها مشاهده شد (شکل‌های ۴ الی ۱۲). نتایج حاصل از بررسی آماره‌های توصیفی صفات کمی و کیفی نمونه‌های ژنتیکی مورد ارزیابی در شرایط مزرعه پژوهشی در جدول ۵ آورده شده‌اند. با توجه به ضریب تغییرات در صفات کمی، بیشترین تنوع در صفات طول فاصله اولین تا دومین غلاف (cm)

جدول ۵- آماره‌های توصیفی صفات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های نخودفرنگی

Table 5. Descriptive statistics of measured traits in green pea accessions

شاخص Shannon index	ضریب تغییرات Coefficient Of Variation	مد Mode	میانگین Mean	واریانس Variance	انحراف معیار SE	دامنه تغییرات Range	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	صفت Traits
0.55	-	0	-	-	-	1	1	0	آنتی‌سیانین دمبرگ و ساقه Plant: anthocyanin coloration
0.09	-	1	-	-	-	1	1	0	برگچه‌دار بودن Have leaflets
0.43	-	5	-	-	-	2	5	3	سایز برگچه Leaflet size
0.92	-	2	-	-	-	3	3	0	وضعیت قسمت ضخیم برگچه Position of the broadest part of leaflets
0.98	-	1	-	-	-	9	9	0	حاشیه برگچه Leaflet dentation
1.09	-	5	-	-	-	4	7	3	سایز گوشوارک Stipule size
1.33	-	1	-	-	-	8	9	1	شدت نقاط گوشوارک Stipule density of flecking
0.68	-	1	-	-	-	1	2	1	تعداد گل Number of flowers
0.80	-	1	-	-	-	2	3	1	رنگ بال Wing color
0.60	-	1	-	-	-	3	4	1	رنگ استاندارد Standard color
0.73	-	5	-	-	-	6	7	1	شکل پایه استاندارد Shape of the standard base
0.73	-	2	-	-	-	2	3	1	عرض قسمت بالایی کاسبرگ Width of the upper sepal
0.71	-	2	-	-	-	2	3	1	شکل ارس قسمت فوقانی کاسبرگ Shape of the upper sepal apex
0.69	-	0	-	-	-	1	1	0	براکت کنار گل Bracts near the flower
0.68	-	1	-	-	-	1	2	1	تعداد غلاف در کل آذین Number of pods in the inflorescence
0.67	-	2	-	-	-	1	2	1	شکل نوک غلاف Shape of the distal part of pods
1.04	-	1	-	-	-	4	5	1	انحنای غلاف Curvature of pods
0.60	-	2	-	-	-	1	2	1	شکل بذر Seed shape
0.67	-	1	-	-	-	5	6	1	رنگ لپه Cotyledon color
0.55	-	1	-	-	-	8	9	1	مرمری بودن پوسته بذر Marbling of testa
0.57	-	1	-	-	-	1	2	1	رنگ ناف Hilum color
-	0.33	-	20.7	460	6.8	24	34	10	وزن صد دانه خشک (g) The weight of 100 dry seeds
-	0.21	-	3.00	0.41	0.64	4.5	4.5	0	طول برگچه (cm) Leaflet length
-	0.28	-	1.96	0.29	0.54	3.3	3.3	0	عرض برگچه (cm) Leaflet width
-	0.23	-	4.53	1.03	1.02	4.7	7.5	2.8	طول گوشوارک (cm) Stipule length
-	0.29	-	2.57	.55	0.74	3.1	4.5	1.4	عرض گوشوارک (cm) Stipule width
-	0.22	-	3.6	0.65	0.8	4.1	5.8	1.7	طول گوشوارک از نوک تا ساقه (cm) Stipule length from the axil to tip
-	0.24	-	3.3	0.62	0.79	5	5	0	طول دمبرگ: طول از ساقه تا اولین برگچه (cm) Petiole length from the axil to the first leaflet or tendril
-	0.15	-	13.4	3.8	1.95	9.8	17.3	7.5	طول ساقه تا آخر پیچک (cm) Total length of the petiole including tendrils
-	0.14	-	1.92	0.07	0.27	1.3	2.5	1.2	عرض استاندارد (cm) Standard width
-	0.85	-	0.73	0.38	0.62	2.8	2.8	0	طول اسپور (cm) Spur length
-	0.54	-	2.68	20.8	1.44	6.4	6.7	0.3	طول از ساقه تا اولین غلاف (cm) Length from the peduncle to the first pod
-	1.30	-	0.66	0.73	0.86	2.5	2.5	0	طول فاصله اولین تا دومین غلاف (cm) Length between the first and second pods
-	0.17	-	5.47	0.91	0.95	4	7	3	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod
-	0.30	-	6.25	3.57	1.89	7.5	11	3.5	طول غلاف (cm) Pod length
-	0.27	-	1.29	0.12	0.35	1.5	2.2	0.7	عرض غلاف (cm) Pod width
-	0.33	-	59.4	388.9	19.7	90	110	20	ارتفاع بوته (cm) Plant height
-	0.17	-	41.0	50.25	7.1	32	53.0	21	تعداد روز تا شروع گلدهی Number of days to flowering

تجزیه خوشه‌ای نمونه‌ها براساس صفات اندازه‌گیری شده

تجزیه خوشه‌ای با روش ward نمونه‌های مورد بررسی با استفاده از داده‌های ۱۶ صفت کمی صورت گرفت و نمونه‌ها در هفت گروه قرار گرفتند. گروه اول شامل هشت نمونه ژنتیکی و براساس میانگین صفات، اعضای موجود در این گروه، بیشترین طول و عرض برگچه، طول و عرض گوشوارک، طول گوشوارک، طول و عرض غلاف را داشتند.

گروه دوم شامل ۲۶ نمونه ژنتیکی بود. در گروه سوم، شش نمونه ژنتیکی قرار گرفتند که کمترین تعداد دانه در غلاف را داشتند. در گروه چهارم، یک نمونه قرار گرفت که بیشترین وزن صد دانه خشک و عرض استاندارد را داشت و کمترین میزان طول و عرض گوشوارک، طول گوشوارک، طول دمبرگ، طول از ساقه تا اولین برگچه، طول ساقه تا آخر پیچک، طول اسپور، طول از ساقه تا اولین غلاف، طول فاصله اولین تا دومین غلاف، تعداد دانه در غلاف، ارتفاع و تاریخ شروع گلدهی را داشت.

در گروه پنجم، دو نمونه ژنتیکی قرار گرفتند که بیشترین طول دمبرگ، طول اسپور، طول از ساقه تا اولین غلاف، ارتفاع و کمترین میزان طول برگچه و عرض استاندارد را داشتند. در گروه ششم، ۱۳ نمونه قرار گرفتند که بیشترین طول ساقه تا آخر پیچک و کمترین تعداد دانه در غلاف را داشتند. در گروه هفت، ۱۲ نمونه که بیشترین طول فاصله اولین تا دومین غلاف،

تعداد دانه غلاف، تاریخ شروع گلدهی و کمترین وزن صد دانه خشک، عرض برگچه، طول و عرض غلاف را داشتند، قرار گرفتند (شکل ۲).

کوپیک و همکاران (Cupic et al., 2009) به بررسی ۱۸ ژنوتیپ نخودفرنگی پرداختند. نتایج نشان دادند که ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه خوشه دسته‌بندی شدند و خوشه‌های I، II و III به‌ترتیب شامل شش، سه و ۹ ژنوتیپ بودند. همچنین، بیشترین فاصله بین خوشه‌ای به ترتیب بین خوشه I و خوشه III (۵۷/۰) مشاهده شد.

دوی و همکاران (Devi et al., 2022) چهار گروه رسیدگی، فوق زودرس ($DTF \leq 40$) (Days to 50% Flowering)، زودرس ($DTF: 40-50$)؛ متوسط‌رس ($DTF: 50-80$) و دیررس ($DTF \geq 70$) را در نخودفرنگی مطرح کردند. کشاورزان ژنوتیپ‌های زودرس نخودفرنگی را به‌منظور کسب درآمد بهتر و همچنین در رعایت تناوب کاشت ترجیح می‌دهند. همچنین این ارقام از بیماری‌های اصلی مانند سفیدک پودری نخود و زنگ فرار می‌کنند (Devi et al., 2022).

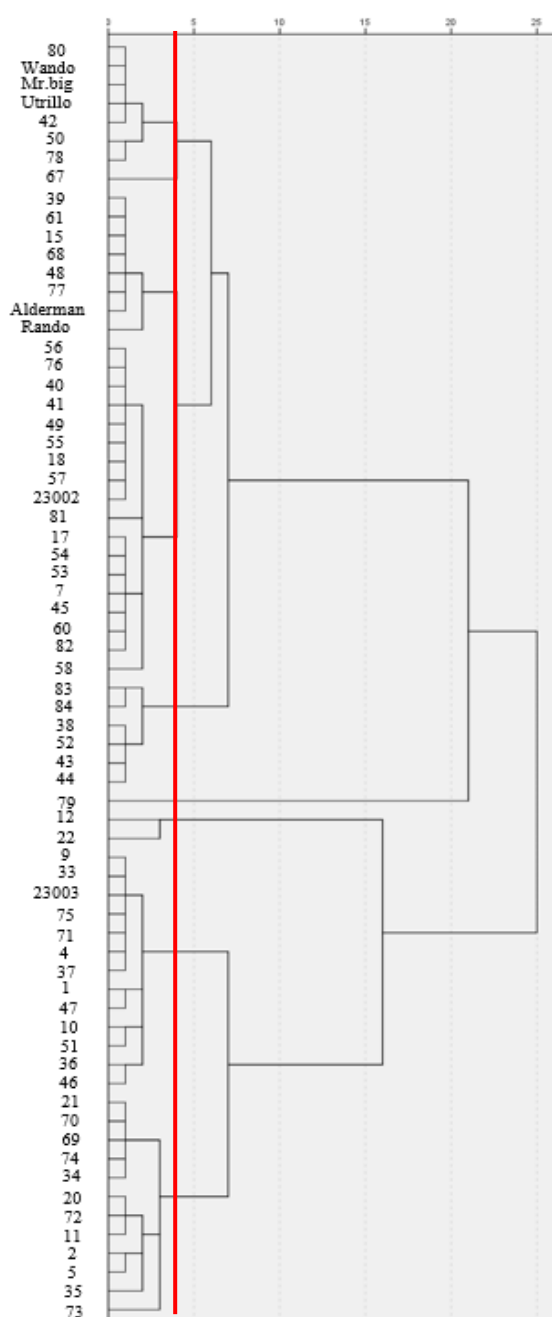
در این تحقیق، نمونه‌ها در دو گروه فوق زودرس و زودرس قرار گرفتند.

جدول ۶- تجزیه خوشه‌ای نمونه‌های نخودفرنگی بر اساس صفات کمی مورد بررسی

Table 6. Green pea accessions Cluster analysis of based on the investigated quantitative traits

صفات Traits	اول One	دوم Two	سوم Three	چهارم Four	پنجم Five	ششم Six	هفتم Seven
وزن صد دانه خشک (g) The weight of 100 dry seeds	2.69	2.18	2.40	2.80	1.90	1.85	1.51
طول برگچه (cm) Leaflet length	3.10	3.07	2.88	3.00	2.70	2.92	3.02
عرض برگچه Leaflet width (cm)	2.19	2.03	2.03	2.00	1.75	1.90	1.70
طول گوشوارک (cm) Stipule length	5.23	4.70	4.33	3.00	4.50	4.10	4.37
عرض گوشوارک (cm) Stipule width	3.28	2.56	2.33	2.30	2.50	2.38	2.49
طول گوشوارک از نوک تا ساقه (cm) Stipule length from the axil to tip	3.95	3.74	3.58	2.50	3.50	3.59	3.28
طول دمبرگ از ساقه تا اولین برگچه (cm) Petiole length from the axil to the first leaflet or tendril	3.18	3.13	3.52	2.50	3.80	3.28	3.57
طول ساقه تا آخر پیچک (cm) Total length of the petiole including tendrils	13.34	13.49	13.08	7.50	13.90	14.02	13.15
عرض استاندارد (cm) Standard width	2.05	1.99	2.07	2.10	1.70	1.80	1.77
طول اسپور (cm) Spur length	0.83	0.75	0.25	0.00	1.45	0.84	0.68
طول از ساقه تا اولین غلاف (cm) Length from the peduncle to the first pod	1.96	2.42	2.55	0.40	5.00	3.17	3.08
طول فاصله اولین تا دومین غلاف (cm) Peduncle length between the first and second pods	0.16	0.69	0.22	0.00	1.25	0.51	1.28
تعداد بذر در غلاف Number of seeds per pod	6	6	5	5	6	5	7
طول غلاف (cm) Pod length	8.04	6.62	7.07	6.80	5.65	5.30	4.91
عرض غلاف (cm) Pod width	1.51	1.34	1.50	1.40	1.10	1.23	1.04
ارتفاع بوته (cm) Plant height	35.25	49.23	51.17	20.00	106.00	69.08	86.67
تعداد روز تا شروع گلدهی Number of days to flowering	37.00	44.50	27.33	21.00	41.50	40.85	45.08
تعداد نمونه Number of accessions	8	26	6	1	2	13	12

در جدول، اعداد با قلم قرمز کمترین مقدار و اعداد بولد بیشترین مقدار را نشان می‌دهند.



شکل ۲- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای صفات مورد بررسی در نمونه‌های ژنتیکی نخودفرنگی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱
Figure 2. The cluster analysis dendrogram of the studied traits in green pea accessions from 2021 to 2022

غللاف همبستگی مثبت و معنی‌دار و با طول فاصله اولین تا دومین غلاف و ارتفاع بوته همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. صفت طول گوشوارک با صفات عرض گوشوارک و طول گوشوارک، عرض استاندارد، و طول و عرض غلاف همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت طول فاصله اولین تا دومین غلاف همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. صفت عرض گوشوارک با صفات طول گوشوارک، عرض استاندارد، طول و عرض غلاف همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت طول فاصله اولین تا دومین غلاف همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. صفت طول گوشوارک با صفت عرض استاندارد و با طول و عرض غلاف

نتایج ضرایب همبستگی صفات نخودفرنگی در جدول ۷ نشان داده شده‌اند. وزن صد دانه خشک با عرض برگچه، طول و عرض گوشوارک، طول گوشوارک، عرض استاندارد، و طول و عرض غلاف همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات طول از ساقه تا اولین غلاف، طول فاصله اولین تا دومین غلاف، ارتفاع و تاریخ شروع گلدهی همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. صفت طول برگچه با عرض برگچه، طول و عرض گوشوارک، طول گوشوارک و طول دمبرگ همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. صفت عرض برگچه با طول گوشوارک، عرض گوشوارک، طول گوشوارک، طول دمبرگ، عرض استاندارد، و طول و عرض

همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. صفت طول غلاف با صفت عرض غلاف همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت ارتفاع همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. صفت عرض غلاف با ارتفاع و تاریخ شروع گلدهی همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. نتایج مشابهی برای یک یا چند صفت از صفات فوق توسط لال و همکاران (Lal et al., 2018) و کوماوات و همکاران (Kumawat et al., 2018) گزارش شده‌اند.

پارتاپ و همکاران (Pratap et al., 2021) در بررسی خود عنوان کردند که تعداد غلاف در بوته همبستگی بالایی با ارتفاع بوته و شاخص برداشت داشت. همچنین عملکرد بذری نمونه‌ها با شاخص برداشت، تعداد غلاف و تعداد گرده در بوته همبستگی مثبت و قوی داشت و با تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و رسیدگی همبستگی منفی و معنی‌دار داشت.

همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. صفت طول دم‌برگ با طول ساقه تا آخر پیچک و ارتفاع همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت تعداد دانه در غلاف همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. صفت طول ساقه تا آخر پیچک با طول اسپور و طول از ساقه تا اولین غلاف همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. صفت عرض غلاف با طول و معنی‌دار و با صفات طول فاصله اولین تا دومین غلاف، ارتفاع و تاریخ شروع گلدهی همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. صفت طول اسپور با صفات طول از ساقه تا اولین همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. صفت طول از ساقه تا اولین غلاف با صفت ارتفاع همبستگی مثبت و معنی‌دار و با طول غلاف همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. صفت طول فاصله اولین تا دومین غلاف با صفات ارتفاع و تاریخ شروع گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات طول و عرض غلاف

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در نمونه‌های نخودفرنگی در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Table 7. Correlation coefficients between investigated traits in green pea accessions from 2021 to 2022

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16
a2	0.1															
a3	0.3**	0.8**														
a4	0.4**	0.3*	0.4**													
a5	0.6**	0.3**	0.5**	0.7**												
a6	0.3**	0.4**	0.4**	0.7**	0.6**											
a7	-0.1	0.5**	0.4**	0.1	0.1	0.1										
a8	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3**									
a9	0.6**	0.2	0.3*	0.5**	0.5**	0.4**	0.0	0.0								
a10	0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.1	0.0	0.0	0.3*	-0.1							
a11	-0.3*	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	0.2	0.3*	-0.2	0.3*						
a12	0.6**	-0.2	0.4**	-0.3*	0.3**	-0.2	-0.1	-0.1	0.4**	0.1	0.1					
a13	0.8**	0.0	0.3*	0.6**	0.6**	0.5**	-0.2	-0.1	0.7**	-0.1	-0.3*	0.6**				
a14	0.7**	0.2	0.4**	0.5**	0.6**	0.5**	0.1	0.0	0.6**	0.0	-0.2	0.6**	0.8**			
a15	0.5**	0.0	-0.3*	-0.2	-0.1	-0.1	0.2*	0.2	0.4**	0.2	0.4**	0.3*	0.5**	0.4**		
a16	0.3**	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.1	-0.3*	0.1	0.2	0.3*	-0.2	-0.6*	0.2	
a17	0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.2	-0.3*	0.1	0.3*	0	0	0.1	0.2	0.1	0	-0.1

a1: وزن صد دانه خشک. a2: طول برگچه. a3: عرض برگچه. a4: طول گوشوارک. a5: عرض گوشوارک. a6: طول گوشوارک از نوک تا ساقه. a7: طول دم‌برگ از ساقه تا اولین برگچه. a8: طول ساقه تا آخر پیچک. a9: عرض استاندارد. a10: طول اسپور. a11: طول از ساقه تا اولین غلاف. a12: طول فاصله اولین تا دومین غلاف. a13: طول غلاف. a14: عرض غلاف. a15: ارتفاع بوته. a16: تعداد روز تا شروع گلدهی. a17: تعداد دانه در غلاف

a1: The weight of 100 dry seeds. a2: The length of leaflet. a3: The width of leaflet. a4: The length of stipule. a5: The width of stipule. a6: Stipule length from axil to tip. a7: Petiole length from axil to the first leaflet or tendrils. a8: Total length of petiole including tendrils. a9: The width of standard. a10: The length of spur. a11: The length from peduncle to the first pod. a12: Petiole length from the axil to the first leaflet or tendrils. a13: The length of pod. a14: The width of pod. a15: Plant height. a16: Number of days to flowering. a17: Number of seeds per pod

نوک تا ساقه ارتباط قوی و مثبت و با صفت طول اسپور دارای ارتباط منفی و قوی بود.

نمودار بای‌پلات مولفه‌های اصلی بر اساس صفات مورد بررسی در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، ژنوتیپ شماره ۵۸ بیشترین فاصله را با بردار طول ساقه تا پیچک و طول دم‌برگ و کمترین طول ساقه تا پیچک و طول دم‌برگ را دارد. همچنین، ژنوتیپ‌های شماره ۲۳، ۲۰، ۲۹، ۲۲، ۵۶، ۲۷، ۳۵، و ۵۰ بیشترین فاصله را با طول اسپور و کمترین مقدار فاصله را با طول اسپور دارا هستند. ژنوتیپ‌های شماره ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۵، ۶۷، ۶۶، ۶۴، و ۶۳ کمترین طول فاصله اولین تا دومین غلاف را دارند.

همچنین، ژنوتیپ شماره ۴۶ بیشترین طول برگچه را دارد و در نزدیکی بردار آن قرار گرفته است. ژنوتیپ شماره ۶۷ بیشترین عرض غلاف را دارد و در نزدیکی بردار آن قرار گرفته است.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس داده‌های به‌دست آمده از اجرای آزمایش (جدول ۸) نشان داد که چهار مؤلفه در تشکیل ماتریس ضرایب شرکت کردند که در مجموع ۶۵ درصد از کل واریانس موجود در صفات مورد بررسی را توجیه کردند. در مؤلفه اول که ۳۳ درصد از تغییرات مشاهده‌شده را به‌خود اختصاص داد، مهمترین صفات تأثیرگذار بر این مؤلفه وزن صد دانه خشک و طول و عرض غلاف بودند. این صفات دارای ارتباط قوی و مثبت با مؤلفه اول هستند.

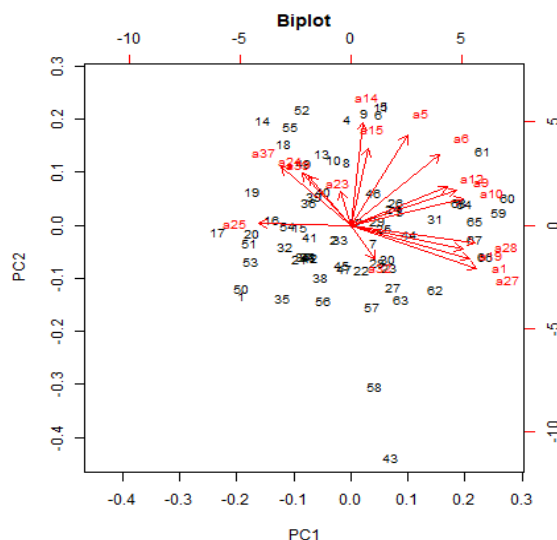
مؤلفه دوم ۱۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و دارای ارتباط قوی و مثبت با طول برگچه و طول دم‌برگ بود. وزن صد دانه با صفت تعداد غلاف در بوته دارای ارتباط منفی بود. مؤلفه سوم ۱۰ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و دارای ارتباط قوی و مثبت با طول از ساقه تا اولین غلاف و تعداد بذر در غلاف و ارتباط منفی با صفت طول برگچه بود. مؤلفه چهارم ۷ درصد از تغییرات مشاهده‌شده را به‌خود اختصاص داد و با صفات طول فاصله اولین تا دومین غلاف و طول گوشوارک از

عملکرد غلاف، مؤلفه دوم ۱۸ درصد که با صفت طول روز تا اولین چین و مؤلفه سوم با ۱۰ درصد که با صفت عرض غلاف مرتبط بود (Sharma, 2022).

در تحقیقی که بر روی ۵۶ ژنوتیپ نخودفرنگی با استفاده از ۱۲ صفت مورفولوژیکی صورت گرفت، نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که هفت مؤلفه اول ۷۹/۷۷ درصد از تغییرات را توجیه کردند. مؤلفه اول ۲۱ درصد که عمدتاً با صفات

جدول ۸- نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات زراعی در نمونه‌های ژنتیکی نخودفرنگی

PCA4	PCA3	PCA2	PCA1	Component
-0.26	0.06	-0.15	0.34	وزن صد دانه خشک The weight of 100 dry seeds
0.11	-0.33	0.41	0.16	طول برگچه Leaflet length
-0.023	-0.27	0.32	0.25	عرض برگچه Leaflet width
0.34	0.11	0.16	0.30	طول گوشوارک Stipule length
0.12	0.17	0.12	0.32	عرض گوشوارک Stipule width
0.37	0.18	0.17	0.27	طول گوشوارک از نوک تا ساقه Stipule length from the axil to tip
-0.17	-0.20	0.47	0.04	طول دمیرگ: طول از ساقه تا اولین برگچه Petiole length from the axil to the first leaflet or tendril
-0.21	0.30	0.35	0.05	طول ساقه تا آخر پیچک Total length of the petiole including tendrils
0.04	0.08	-0.1	0.32	عرض استاندارد Standard width
-0.36	0.42	0.16	-0.03	طول اسپور Spur length
-0.29	0.36	0.24	-0.14	طول از ساقه تا اولین غلاف The length from the peduncle to the first pod
0.42	0.13	0.007	-0.27	طول فاصله اولین تا دومین غلاف Peduncle length between the first and second pods
-0.04	0.09	-0.20	0.36	طول غلاف Pod length
-0.17	0.07	-0.08	0.35	عرض غلاف Pod width
0.08	0.24	0.27	-0.2	ارتفاع بوته Plant height
0.28	0.12	0.22	-0.12	تعداد روز تا شروع گلدهی Number of days to flowering
0.27	0.41	-0.16	0.07	تعداد بذر در غلاف Number of seeds per pod
1.12	1.29	2.56	5.65	Eigenvalue
0.07	0.1	0.15	0.33	Variance
0.65	0.58	0.48	0.33	Cumulative variance



شکل ۳- نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد ارزیابی در نمونه‌های نخودفرنگی در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Figure 3. The diagram of principal components for the evaluated traits in green pea accessions from 2021 to 2022
 a1: وزن صد دانه خشک. a2: طول برگچه. a3: عرض برگچه. a4: طول گوشوارک. a5: عرض گوشوارک. a6: طول گوشوارک از نوک تا ساقه. a7: طول دمیرگ از ساقه تا اولین برگچه. a8: طول ساقه تا آخر پیچک. a9: عرض استاندارد. a10: طول اسپور. a11: طول از ساقه تا اولین غلاف. a12: طول فاصله اولین تا دومین غلاف. a13: طول غلاف. a14: عرض غلاف. a15: ارتفاع بوته. a16: تعداد روز تا شروع گلدهی. a17: تعداد دانه در غلاف
 a1: The weight of 100 dry seeds. a2: Leaflet length. a3: Leaflet width. a4: Stipule length. a5: length width. a6: Stipule length from the axil to tip. a7: Petiole length from the axil to the first leaflet or tendril. a8: Total length of the petiole including tendrils. a9: The standard width. a10: Spur length. a11: The length from the peduncle to the first pod. a12: Petiole length from the axil to the first leaflet or tendril. a13: length. a14: Pod width. a15: Plant height. a16: Number of days to flowering. a17: Number of seeds per pod

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج تجزیه آماری به‌دست آمده در صفات کمی، بیشترین تنوع در صفات فاصله اولین تا دومین غلاف (۱/۳۰ سانتی‌متر) و طول اسپور (۰/۸۵ سانتی‌متر) مشاهده شد. در صفات کیفی، بیشترین ضریب شاخص شانون در صفات شدت نقاط گوشوارک (۱/۳۳)، سائز گوشوارک (۱/۰۹) و انحنا غلاف (۱/۰۴) مشاهده شد.

بین صفات اندازه‌گیری شده همبستگی معنی‌داری وجود داشت. بر اساس نتایج به‌دست آمده از ضرایب همبستگی بین صفات، طول غلاف با وزن صددانه خشک، و طول با عرض غلاف همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند. بنابراین، این صفت می‌تواند به‌عنوان شاخص مهم در انتخاب نمونه‌ها استفاده گردد.

در تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در فاصله پنج اقلیدسی، به هفت خوشه اصلی تقسیم شدند. نمونه‌های ژنتیکی مختلف نخودفرنگی مورد بررسی دارای طیف وسیعی از خصوصیات ریخت‌شناسی بودند که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالای این محصول

است. در این تحقیق، نمونه‌های ژنتیکی ۳۸، ۷۹، ۸۳ و ۸۲ زودگل‌ترین ژنوتیپ بودند و نمونه‌های ژنتیکی Mr. Big و ۸۱ بیشترین طول و نمونه‌های ژنتیکی ۸۱ و ۸۳ بیشترین عرض غلاف را داشتند. نمونه‌های ژنتیکی ۸۰، ۸۲ و ۵۸ بیشترین وزن صد دانه را داشتند.

با توجه به موارد مطرح شده، در بین توده‌های مورد بررسی تنوع قابل توجهی وجود دارد و می‌توان از این تنوع در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد. در این راستا، بهتر است تعدادی از توده‌های برتر انتخاب شوند و با بررسی‌های تکمیلی نسبت به جداسازی برترین‌ها برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی اقدام کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پروژه شماره 03-03-017-000250-2 منتج شده است. نگارندگان لازم می‌دانند مراتب سپاسگزاری خود را از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بابت حمایت‌های به‌عمل آمده اعلام دارند.

References

- Abbo, S., Lev-Yadun, S., & Gopher, A. (2010). Agricultural origins, centers and noncenters, a Near Eastern reappraisal. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29, 317–328.
- Burstin, J., Salloignon, P., Chabert-Martinello, M. (2015). Genetic diversity and trait genomic prediction in a pea diversity panel. *BMC Genomics*, 16, 105-125.
- Ceyhan, E., & Avci, M. A. (2005). Combining Ability and Heterosis for Grain Yield and some Yield Components in Pea (*Pisum sativum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8, 1447-1452.
- Cupic, T., Tucak, M., Popovic, S., Bolaric, S., Grljusic, S., & Kozumplik, V. (2009). Genetic diversity of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes assessed by pedigree, morphological and molecular data. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7, 343-348.
- Devi, J., Dubey, R. K., Sagar, V., Verma, R. K., Singh, P. M., & Behera, T. K. (2023). Vegetable peas (*Pisum sativum* L.) diversity: An analysis of available elite germplasm resources with relevance to crop improvement. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 21, 1-13.
- FAOSTAT. (2020). online database at < <http://www.fao.org/faostat/en/#data>>.
- Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erismann, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., & Freney, J. R. (2008). Transformation of the Nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320, 889–892.
- Gixhari, B., Pavelková, M., Ismaili, H., Vrap, H., Jaupi, A., & Smýkal, P. (2014). Genetic diversity of Albanian pea (*Pisum sativum* L.) landraces assessed by morphological traits and molecular markers. *Czech Journal of Plant Breeding and Genetics*, 50, 177-184.
- Herridge, D. F., Peoples, M. B., & Boddey, R. M. (2008). Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant Soil*, 311, 1–18.
- Holdsworth, W.L., Gazave, E., Cheng, P., Myers, J.R., Gore, M.A., Coyne, C.J., McGee, R.J., & Mazourek, M. (2017). A community resource for exploring and utilizing genetic diversity in the USDA pea single plant plus collection. *Horticulture Research*, 4, 17017-17027.
- Jensen, E. S., & Hauggaard-Nielsen, H. (2003). How can increased use of biological N₂ fixation in agriculture benefit the environment? *Plant Soil*, 252, 177–186.
- Kosterin, O.E., Bogdanova, V.S., & Mglinets, A.V. (2020). Wild pea (*Pisum sativum* L. subsp. elatius (Bieb.) Aschers. Et Graebn. s.l.) at the periphery of its range: Zagros Mountains. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 24, 60-68.
- Kumawat, P. K., Singh, P., Singh, D., Mukherjee, S., & Kumawat, M. (2018). Study of correlation and path analysis for green pod yield and its contributing traits in vegetable pea (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 3497-3502.
- Lal, K., Kumar, R., Shrivastav, S.P., Kumar, A., & Singh, Y. (2018). Genetic variability, character association and path analysis of seed yield and its contributing traits in field pea [*Pisum sativum* (L.) var. arvense]. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 1815-1820.
- Mamatha, R.M., Kumar Sharma, R., Bhardwaj, A., & Kumar, R. (2022). Genetic Diversity Study among Garden Pea (*Pisum sativum* var. hortense L.) Genotypes. *Biological Forum*, 14, 911-915.
- Nawab, N.N., Subhani, G.M., Mahmood, K., Shakil, Q., & Saeed, A. (2008). Genetic variability, correlation and path analysis studies in garden pea (*Pisum sativum* L.). *Agricultural Research*, 46, 333-340.
- Ouafi, L., Alane, F., Rahal-Bouziane, H., & Abdelguerfi, A. (2016). Agro-morphological diversity within field pea (*Pisum sativum* L.) genotypes. *African Journal of Agricultural Research*, 11, 4039-4047.

- Pandey, A.K., Rubiales, D., Wang, Y.G., Fang, P.P., Sun, T., Liu, N., & Xu, P. (2021). Omics resources and omics-enabled approaches for achieving high productivity and improved quality in pea (*Pisum sativum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 134, 755–776.
- Pratap, V., Sharma, V., Kamaluddin, & Shukla, G. (2021). Assessment of Genetic Variability and Relationship between Different Quantitative Traits in Field Pea (*Pisum sativum* var. arvense) Germplasm. *Legume Research -An International Journal*, 10, 1-6.
- Rispail, N., Wohor, O.Z., Osuna-Caballero, S., Barilli, E., & Rubiales, D. (2023). Genetic Diversity and Population Structure of a Wide *Pisum* spp. Core Collection. *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 2470-2483.
- Rubiales, D., González-Bernal, M.J., Warkentin, T.D., Bueckert, R., Patto, M.C.V., McPhee, K.E., McGee, R., & Smýkal, P. (2019). Advances in pea breeding. In *Achieving Sustainable Cultivation of Vegetables*, Hochmuth, G., Ed.; Burleigh Dodds Series in Agricultural Science; Burleigh Dodds Science Publishing: London, UK, 2019; p. 32.
- Sharma, A., Sharma, S., Kumar, N., Rana, R.S., Sharma, P., & Kumar, P. (2022). Morphomolecular genetic diversity and population structure analysis in garden pea (*Pisum sativum* L.) genotypes using simple sequence repeat markers. *PLoS ONE*, 17(9), 1-21.
- Singh, J., Dhall, R.K., & Vikal, Y. (2021). Genetic diversity studies in indian germplasm of pea (*pisum sativum* l.) Using morphological and microsatellite markers. *Genetika*, 53, 473-491.
- Smy'kal, P., Trněný, O., Brus, J., Hana'ček, P., Rathore, A., Roma, R.D., Pechanec, V., Duchoslav, M., Bhattacharyya, D., Bariotakis, M., Pirintos, S., Berger, J., & Toker, C. (2018). Genetic structure of wild pea (*Pisum sativum* subsp. elatius) populations in the northern part of the Fertile Crescent reflects moderate cross-pollination and strong effect of geographic but not environmental distance. *PLoS ONE*, 13, 1-13.
- Warkentin, T.D., Smýkal, P., Coyne, C.J., Weeden, N., Domoney, C., Bing, D.J., Leonforte, A., Xuxiao, Z., Dixit, G.P., Boros, L., & McPhee, K.E. (2015). Pea. In: De Ron A (ed) *Grain Legumes. Handbook of Plant Breeding*. Springer, New York, 37–83.
- Yirga, H., Mohammed, H., & Abate, B. (2013). Characterization and preliminary evaluation of dekoko (*Pisum sativum* var. abyssinicum) accessions using quantitative traits in Southern Tigray, Ethiopia. *The International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 1, 86-89.
- Zohary, D. (1999). Monophyletic vs. polyphyletic origin of the crops on which agriculture was founded in the Near East. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46, 133–142.
- Zohary, D., Hopf, M., & Weiss, E. (2012). *Domestication of plants in the old world: the origin and spread of domesticated plants in southwest Asia, Europe, and the Mediterranean basin*, 4th edn. Oxford University Press, Oxford.

پیوست:



شکل ۴- تنوع ژنتیکی مشاهده شده در رنگ گل نمونه های نخود فرنگی موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران
Figure 4. The observed genetic diversity in the flower color of green pea accessions available in the National Plant Gene Bank of Iran



شکل ۵- تنوع مشاهده شده در طول گل آذین در نمونه های مورد بررسی - به ترتیب از سمت راست گل آذین کوتاهتر از گوشوارک- گل آذین بلندتر از گوشوارک- گل آذین هم اندازه با گوشوارک

Figure 5. The observed genetic diversity in the inflorescence length in the accessions - from the right side, the inflorescence is shorter than the stipule, the inflorescence is longer than the stipule, - and the inflorescence is the same size as the stipule.



شکل ۶- تنوع مشاهده شده در شکل، حاشیه و لکه های روی گوشوارک
Figure 6. Observed genetic diversity in the shape, margin and spots on the stipule



شکل ۷- تنوع مشاهده شده در تعداد گل در هر گل آذین
Figure 7. Observed genetic diversity in the number of flowers per inflorescence



شکل ۸- تنوع مشاهده‌شده در براکت‌های نمونه‌های نخودفرنگی - بعضی از براکت‌ها بر روی اسپور قرار گرفته‌اند و بعضی از براکت‌ها مستقیماً به گل‌آذین وصل هستند. این صفت در دیسکریپتور موجود نیست و با توجه به مشاهده نمونه شماره ۴۷ که تمام نمونه‌ها دارای براکت خاص در تمام گل‌آذین‌ها بودند، این صفت باید در دیسکریپتورشناسایی بین‌المللی این گیاه آورده شود.

Figure 8. The observed genetic diversity in the bracts of green pea accessions - some bracts are placed on the spur and some bracts are directly connected to the inflorescence. This trait was not available in the descriptor, and according to the observation of accession 47, this trait must be included in the international *Pisum sativum* L. descriptor.



شکل ۹- در این نمونه، طول اسپور بیش از ۵ سانتی‌متر بود.
Figure 9. In this sample, the spure length was more than 5 cm.



شکل ۱۰- تنوع مشاهده‌شده در شکل، حاشیه و لکه‌های روی برگ نخودفرنگی
Figure 10. The observed genetic diversity in the shape, margin, and spots on the green pea leaflets



شکل ۱۱- تنوع مشاهده شده در شکل، طول، عرض، انحنا و شکل انتهای غلاف نمونه های نخودفرنگی
Figure 11. The observed genetic diversity in the shape, length, width, curvature, and shape of the end of the pod of green pea accessions



شکل ۱۲- تنوع ژنتیکی مشاهده شده در شکل، اندازه و رنگ بذر نمونه های نخودفرنگی
Figure 12. Observed genetic diversity in the seed shape, size, and color of green pea accessions