

Evaluation of Important Vegetative, Phenological and Pomological Characteristics of 36 Promising Almond (*Prunus dulcis* L.) Genotypes on GN15 Vegetative Rootstock

S.A. Mousavi^{1*}, A. Vatankhah², A. Imani³

1 and 2- Assistant Professor and Postdoctoral Researcher, Horticulture Crops Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran

(*- Corresponding Author Email: asgharmousavi@gmail.com)

3- Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 26-05-2024
Revised: 08-07-2024
Accepted: 10-07-2024
Available Online: 10-07-2024

How to cite this article:

Mousavi, S.A., Vatankhah, A., & Imani, A. (2024). Evaluation of important vegetative, phenological and pomological characteristics of 36 promising almond (*Prunus dulcis* L.) genotypes on GN15 vegetative rootstock. *Journal of Horticultural Science*, 38(4), 705-726. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88253.1347>

Introduction

Almond (*Prunus dulcis* L.) is one of the valuable nut trees that is cultivated in many temperate regions and Mediterranean climatic conditions for domestic consumption and export. Almond belongs to the genus *Prunus*, from the Rosaceae family. Identifying and introducing genotypes and cultivars of late bloom is one of the most important goals of almond breeding programs. The correct choice of almond rootstock causes better management of the garden, compatibility with all types of soil and resistance to nematodes. Peach × almond hybrid has been the most widely used rootstock in both dry and irrigated conditions in the past years. Creating an orchard by selecting grafted genotypes on suitable rootstock for sustainable cultivation of almonds is particularly important. Cultivation of superior genotypes grafted on fruit trees has an effect on pomological characteristics, yield and quality of nuts. The requirement for the introduction and production of superior cultivars is an accurate selection between cultivars, which is possible through the identification of cultivars and their diversity. The purpose of this research is to investigate and evaluate the most important vegetative, phenological, quantitative, and qualitative characteristics of nuts and kernels in 36 promising cultivars and genotypes grafted onto GN15 rootstock, with the goal of identifying and introducing superior cultivars.

Materials and Methods

In this research, 36 promising almond cultivars and genotypes on GN15 rootstock were investigated in garden conditions in terms of various vegetative traits, nut and kernel characteristics in order to obtain suitable commercial cultivars. This research was conducted at the Badam research station in Saman region affiliated to the Center for Research and Education of Agriculture and Natural Resources of Chaharmahal and Bakhtiari province as a randomized complete block design with three replications. The cultivars and genotypes studied are presented in Table 1. Vegetative traits of tree height, canopy length, canopy width, and branch length were measured by meter in the garden, and rootstock diameter, scion diameter, and branch diameter were measured in the garden with calipers. In order to measure the nut and kernels, 100 fruits were harvested from each of the studied cultivars and genotypes at the time of fruit ripening, and their green shell was separated and dried. Measurement of traits such as length, width, diameter of nut and kernel was done by digital caliper and weight of nut and kernel was measured by digital scale with accuracy of 0.01. Coding of some traits was done based on almond descriptor (Gülcan, 1985) with some



changes. The data obtained from the experiment were analyzed using SAS software (version 3.1.9). To compare the means, Duncan's multiple range test was used at the 5% probability level.

Table 1- Promising cultivars and genotypes examined in this study (based on the sent label of the scion)

Cultivar/genotype	Cultivar/genotype code	Cultivar/genotype	Cultivar/genotype code
TS-16	GA1	2-29 (D7)	GA 19
D	GA 2	100-1-1	GA 20
TS-21	GA 3	2-0-4	GA 21
TS-14	GA 4	3-1-4	GA 22
Aviz	GA 5	TS-18	GA 23
A8	GA 6	D2	GA 24
B8	GA 7	TS-30	GA 25
100-1-8-1	GA8	1306 (Tabriz genotype)	GA 26
2-3-2	GA 9	AH2 (Tabriz genotype)	GA 27
TS-11	GA 10	108 (Tabriz genotype)	GA28
(1/16) 1-16	GA 11	Yalda	GA29
3-1-15	GA 12	Saba	GA 30
13-40	GA 13	Shamshiri (Shahrekord)	GA 31
TS1	GA 14	AY (Shahrekord)	GA 32
8-35	GA 15	Mamaei	GA 33
85	GA 16	AN2 (Shahrekord)	GA 34
35	GA 17	AN4 (Shahrekord)	GA 35
B6	GA 18	AN5 (Shahrekord)	GA 36

Results and Discussion

According to the results of analysis of variance (ANOVA), there was a statistically significant difference at the level of 1% between the attributes of tree height, canopy width, rootstock and scion diameter, branch length and diameter, and the ratio of tree height to canopy length. ($P < 0.01$). The results of variance analysis show that there is a significant difference between the investigated nut and kernel traits in promising cultivars and genotypes grafted on GN (Table 5). These differences show the diversity in the investigated traits and it is possible to choose cultivars for different values of the same trait. Based on the average comparison results of the vegetative traits, the highest height in genotypes GA4, GA3, GA35, The highest canopy width was observed in genotypes GA5, GA17, GA3, and GA20, GA15, GA5, the highest diameter of rootstock and scion, and the highest length and diameter of one-year branches were observed in genotype GA18. The results of the comparison of the average nut and kernel characteristics show that there is a significant difference in the cultivars and genotypes investigated in this research. The results of the comparison of the average nut and kernel characteristics show that there is a significant difference in the cultivars and genotypes investigated in this research. Based on the obtained results, cultivars and genotypes of GA5, GA24, GA12, GA9 and GA1 showed relative superiority in terms of nut and kernel traits. The results of this research showed that the GA35 genotype grafted on the GN15 rootstock had the highest length, width and diameter of the nut, and the highest weight of nut and kernel. The kernel color light, the without shrinking the kernel and the highest percentage of kernel and the highest ratio of kernel weight to nut weight.

Conclusions

The results of this research showed that the examination of vegetative traits, nuts and kernels in the studied cultivars and genotypes could show the diversity between cultivars and genotypes. The results showed that the investigated cultivars and genotypes have significant differences in terms of all nut and kernel traits, which indicates the existence of diversity between the investigated cultivars and genotypes. This indicates that these cultivars and genotypes can be considered a valuable source of germplasm for breeding programs. Cultivars and genotypes with a higher kernel percentage had thinner shells, more patterns on the skin, and light to medium kernel color. Based on the results, the cultivars and genotypes GA5, GA24, GA12, GA9, and GA1 demonstrated relative superiority in terms of nut and kernel traits. The research also showed that the GA35 genotype grafted onto GN15 rootstock had the greatest nut length, width, and diameter, as well as the highest nut and kernel weight. Additionally, GA35 had light kernel color, no kernel shrinkage, the highest kernel percentage, and the highest kernel-to-nut weight ratio.

Keywords: Kernel, Nuts, Superior genotype, Vegetative rootstock, Vegetative traits

مقاله پژوهشی

جلد ۳۸، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، ص. ۷۲۶-۷۰۵

ارزیابی خصوصیات مهم رویشی، فنولوژی و میوه‌شناختی ۳۶ ژنوتیپ امیدبخش بادام (*Prunus dulcis* L. روی پایه رویشی GN۱۵)

سید اصغر موسوی^{۱*} - اکرم وطن خواه^۲ - علی ایمانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۰

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی خصوصیات رویشی، کمی و کیفی خشک‌میوه و مغز در ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام (*Prunus dulcis* L.) انجام شد. ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش در یک شرایط محیطی یکسان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات بادام در منطقه سامان وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری روی پایه رویشی GN۱۵ در سال ۱۳۹۷ پیوند و در بهار، تابستان و پاییز ۱۴۰۲ از نظر صفات مهم رویشی، فنولوژیکی، کمی و کیفی خشک‌میوه و مغز ارزیابی و مقایسه شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات ارتفاع درخت، عرض تاج‌پوشش درخت، قطر پایه و پیوندک، طول و قطر شاخه و نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات خشک‌میوه و مغز تفاوت معنی‌داری داشتند که نشان‌دهنده وجود تنوع بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. براساس نتایج مقایسه میانگین صفات رویشی، بیشترین ارتفاع در ژنوتیپ‌های GA۴، GA۳ و GA۳۵، بیشترین عرض تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ‌های GA۵، GA۱۷، GA۳، GA۲۰، GA۱۵ و GA۵ و بیشترین قطر پایه و پیوندک و بیشترین طول و قطر شاخه یک‌ساله در ژنوتیپ GA۱۸ مشاهده شد. بیشترین عملکرد در ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۶ و GA۲۶ مشاهده شد. براساس نتایج به‌دست آمده، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۵، GA۲۴، GA۱۲، GA۹ و GA۱ از نظر صفات خشک‌میوه و مغز برتری نسبی نشان دادند به طوری که ژنوتیپ GA۲۴ نسبتاً دیرگل، ژنوتیپ‌های GA۱ و GA۵ خیلی دیرگل بودند و گل‌دهی ارقام و ژنوتیپ‌های GA۹، GA۱۲ و GA۲۴ روی اسپور و GA۱ و GA۵ مختلط بود. قطر خشک‌میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک‌میوه و طول و قطر مغز ($r=0/7$) نشان داد. نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ GA۳۵ پیوند شده روی پایه GN۱۵ بیشترین طول، عرض و قطر خشک‌میوه، بیشترین وزن خشک و وزن مغز، رنگ مغز روشن، مغز بدون چروکیدگی، بیشترین درصد مغز و بیشترین نسبت وزن مغز به وزن خشک‌میوه را دارا بود.

واژه‌های کلیدی: پایه رویشی، خشک‌میوه، ژنوتیپ برتر، صفات رویشی، مغز

مقدمه

برای مصرف داخلی و صادرات کشت می شود (Yada et al., 2011). بادام با نام علمی *Prunus dulcis* L. متعلق به جنس *Prunus*، زیرگونه *Amygdalus* از خانواده Rosaceae است (Kester & Gradziel, 1996). مغز بادام حاوی مواد غذایی با ارزشی از جمله روغن، پروتئین، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Ayaz et al., 2020; Barreca et al., 2020; Zahedi et al., 2020). ایران با سطح زیر کشت ۷۹۳۹۲ هکتار، یکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان بادام محسوب می‌شود و با تولید سالانه حدود ۱۶۴۳۴۸ تن، رتبه سوم جهان را پس از آمریکا و اسپانیا به خود اختصاص داده است (FAO, 2021). بادام، درختی است که در شرایط آب‌وهوایی

بادام (*Prunus dulcis* L.) یکی از درختان خشک‌میوه با ارزش است که در بسیاری از مناطق معتدل و شرایط آب‌وهوایی مدیترانه‌ای

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و پژوهشگر پسا دکتری، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: asgharmousavi@gmail.com)

۳- استاد، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

<https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88253.1347>

شرایط محیطی، عدم تظاهر در مراحل اولیه و کم بودن چند شکلی محدود شده است، اما با این وجود، نشانگرهای مورفولوژیک همچنان نقش مهمی را در بررسی تنوع و ثبت قابلیت‌های گیاهان دارا می‌باشند و در گیاهان یک‌سری صفات مورفولوژیک به‌عنوان عوامل اصلی و کلیدی شناسایی گیاهان جدید محسوب می‌شوند (Sorkheh *et al.*, 2009). آشنایی با خصوصیات و تفاوت‌های بین ژنوتیپ‌ها یک امر اساسی برای بهبود کمیت و کیفیت میوه می‌باشد و با داشتن اطلاعات دقیق‌تر از خصوصیات فنوتیپی و ژنتیکی ارقام بادام می‌توان از طریق برنامه‌های اصلاحی به ارقام جدیدتر با عملکرد بیشتر و کیفیت بهتر دست یافت. اولین قدم برای بررسی و طبقه‌بندی منابع گیاهی بومی و محلی، استفاده از صفات ریخت‌شناختی است. ارزیابی صفات ریخت‌شناختی بادام برای انتخاب ارقام ضروری است و در گذشته تنها ابزار تشخیص ارقام بود. این ارزیابی براساس مشاهدات فنوتیپی است و شامل خصوصیات درخت، برگ، فلولوژی گل، خشک‌میوه و مغز می‌باشد (Gülcan, 1985; Mougouli *et al.*, 2023).

در مطالعه‌ای، میزان تنوع در ۸۸ رقم بادام از نظر ۲۰ صفت پوسته و هسته در جنوب ایتالیا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه خوشه‌ای، این صفات را در هفت گروه قرار داد. مهم‌ترین فاکتورها در خوشه‌بندی، درصد دوقلویی و به دنبال آن ضخامت خشک‌میوه و درصد مغز بود (De Giorgio & Polignano, 2001). در پژوهش دوجیبو و همکاران (De Giorgio *et al.*, 2007)، ۵۲ رقم بادام جنوبی ایتالیا ارزیابی و گزارش شد که این ارقام از نظر صفاتی مانند دوقلویی مغز، درصد مغز، وزن خشک‌میوه و مغز، چربی کل و سطوح آلفا توکوفرول، بیشترین تنوع را نشان دادند. آلفا توکوفرول، درصد دانه‌ها و دوقلویی مغز بیشترین تغییرات و وزن هسته کمترین تغییرات را نشان داد. در پژوهش دیگری، خصوصیات ریخت‌شناختی ۳۶ رقم بادام براساس ۲۰ صفت کمی و کیفی، بیشتر برای خشک‌میوه و مغزها ارزیابی و تنوع زیادی بین ارقام گزارش شد (Chalak *et al.*, 2007). در پژوهش بیگی و خدیوی (Beigi & Khadivi, 2023) با بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی، خشک‌میوه و مغز ۱۹۸ نهال بادام دیرگل و دارای مغز با کیفیت بالا، ۱۹ ژنوتیپ دیرگل و امیدبخش بادام معرفی شد. در پژوهش نیکی موگویی و همکاران (Mougouli *et al.*, 2023) پس از بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی و مولکولی یک رقم جدید بادام به نام 'Mars' به‌عنوان یک رقم خود سازگار با ویژگی‌های زراعی خوب برای استفاده در باغات تک رقمی معرفی شد.

عسگری و خدیوی (Asgari & Khadivi, 2021) با بررسی صفات ریخت‌شناختی و میوه‌شناختی ژنوتیپ‌های بادام، ۲۱ ژنوتیپ را مطابق با خصوصیات تجاری بادام شامل عملکرد، وزن خشک‌میوه، سختی پوست، وزن مغز، درصد مغز و عطر و طعم مغز برای عرضه و

مدیرانه‌ای و در نواحی دارای تابستان‌های گرم‌وخشک و زمستان ملایم به‌خوبی رشد می‌کند، بنابراین به‌منظور دستیابی به عملکرد و کیفیت بالا، انتخاب مکان مناسب ضروری است و عدم توجه به اقلیم مناسب منجر به شکست باغداری می‌شود (Babadai *et al.*, 2017). دما یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اقلیمی برای کشت و پرورش درختان میوه معتدله از جمله بادام می‌باشد. درختان بادام توان مقاومت به گرمای شدید تابستان (۴۵ درجه سانتی‌گراد) و سرمای سخت زمستان (۲۲- درجه سانتی‌گراد) را دارند. رشد مطلوب و تولید محصول اقتصادی درختان بادام در یک محدوده دمایی خاص (به‌طور میانگین، ۲۵- ۱۸ درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۳۵ درجه سانتی‌گراد) انجام می‌شود که باید این نیازهای دمایی در محل احداث باغ در طول فصل رشد فراهم باشد تا با اطمینان خاطر اقدام به احداث باغ شود. سرمای دیرس بهاره و سرمای شدید زمستانه از مهم‌ترین محدودیت‌های دمایی هستند که در تولید محصول بادام اختلال ایجاد می‌کنند (Babadai *et al.*, 2017).

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید بادام در جهان، خسارات ناشی از سرمازدگی بهاره است. گل‌های بادام زود باز شده و منجر به خسارات سرمازدگی بهاره می‌شوند، بنابراین کشت و تولید آن در مناطقی با سرمای بهاره محدود است. بنابراین، شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌ها و ارقام دیرگل یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های اصلاحی بادام است (Beigi & Khadivi, 2023). انتخاب پایه مناسب بادام موجب مدیریت بهتر باغ، سازگاری با انواع خاک‌ها و مقاومت در برابر نماتدها می‌شود. هیبرید هلو × بادام (*Prunus persica* × *Prunus dulcis*) پرکاربردترین پایه هم در شرایط دیم و هم در شرایط آبی در سال‌های گذشته بوده است. ایجاد باغی با انتخاب ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه‌های مناسب برای کشت پایدار بادام اهمیت ویژه‌ای دارد، کشت ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه درختان میوه بر ویژگی‌های پومولوژیک میوه، عملکرد و کیفیت میوه تأثیرگذار است (Ranjbar & Imani, 2022). هیبریدهای بادام × هلو مقاوم به نماتد بوده و به دلیل قابلیت رشد در هر دو شرایط آبی و دیم و سازگار با شرایط مدیرانه‌ای، به پایه‌های غالب تبدیل شده‌اند (Çantal, 2022; Rubio-Cabetas, 2016). یکی از گام‌های اساسی در حفظ ذخایر ژنتیکی، شناسایی و ارزیابی ژرم‌پلاسم برتر است که پایه اساسی تحقیقات ژنتیکی و برنامه‌های به‌نژادی است. لازمه معرفی و تولید ارقام برتر، انتخاب دقیق بین ارقام است که از طریق شناسایی ارقام و تنوع بین آن‌ها امکان‌پذیر است (Imani *et al.*, 2021; Khadivi & Etemadi-Khah, 2015). نشانگرهای ریخت‌شناختی که پیامد جهش‌های قابل رؤیت در ریخت‌شناسی موجودات می‌باشند، از ساده‌ترین نشانگرهای ژنتیکی بوده و از اوایل قرن بیستم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. امروزه، استفاده از این قبیل نشانگرها به دلیل داشتن معیاری از قبیل محدود بودن تعداد، تأثیرپذیری از مرحله رشد گیاه و

انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و مقاوم به سرمای زمستانه مورد بررسی قرار گرفتند. پس از ارزیابی ارقام و ژنوتیپ‌ها براساس زمان گل‌دهی، مقاومت در برابر سرمازدگی دیررس بهاره و تشکیل میوه، به چهار گروه تقسیم شدند: مقاوم در برابر سرمازدگی با تشکیل میوه زیاد (چهار هیبرید امیدبخش)، مقاومت متوسط در برابر سرما و میوه‌دهی متوسط (تونو، سوپرنوا، شاهرود ۷ و سهند)، مقاومت کم به سرما با میوه‌دهی کم (دو هیبرید امیدبخش)، غیر مقاوم به سرما بدون تشکیل میوه (۳۴۰ ژنوتیپ بادام، ۷۶ هیبرید انتخابی، ۱۷ رقم تجاری خارجی به‌ویژه (فلیپ سئو، نان پاریل، فراگنس و ...). هدف از انجام این پژوهش، بررسی و ارزیابی مهم‌ترین خصوصیات رویشی، فنولوژیکی، خصوصیات کمی و کیفی خشک‌میوه و مغز در ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام پیوند شده روی پایه GN۱۵ به‌منظور معرفی و انتخاب ارقام برتر است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این پژوهش، ۳۶ رقم و ژنوتیپ بادام امیدبخش روی پایه رویشی GN۱۵ در شرایط باغ از نظر صفات مختلف رویشی، فنولوژی و خصوصیات خشک‌میوه و مغز به‌منظور دستیابی به ارقام مناسب تجاری بررسی شدند. ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. پیوندک‌ها از ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش انتخاب، و در نیمه اول مهر ۱۳۹۷ عملیات پیوند جوانه پیوندک از ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش منتخب روی پایه GN۱۵ انجام شد. در اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ عملیات کشت نهال‌های پیوندی گلدانی آماده شده از ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف روی GN۱۵ در زمین اصلی انجام و بلافاصله به‌روش آبیاری تحت فشار قطره‌ای آبیاری شدند. درختان مورد نظر روی پایه GN۱۵ پیوند و به‌روش قطره‌ای آبیاری شدند و عملیات داشت برای همه درختان به‌طور یکسان انجام شد و پس از پنج سال داده‌برداری انجام شد. این پژوهش در ایستگاه تحقیقات بادام در منطقه سامان وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تعداد دو درخت در هر واحد آزمایشی وجود داشت. تعداد کل واحدهای آزمایشی ۱۰۸ بود و تعداد کل درخت‌های مورد آزمایش ۲۱۶ بود. نهال‌های مورد نظر پنج‌ساله بودند. صفات فنولوژی و رویشی، در بهار و تابستان و پاییز ۱۴۰۲ انجام شد و پس از میوه‌دهی و در زمان برداشت، میوه‌های درختان برداشت و میانگین عملکرد پس از پوست‌گیری و خشک شدن میوه‌ها اندازه‌گیری شد. صفات خشک‌میوه و مغز پس از برداشت، پوست‌گیری و خشک شدن میوه‌ها اندازه‌گیری شدند.

کشت در باغات توصیه نمودند. در مطالعه خدیوی و همکاران (Khadivi et al., 2022)، خصوصیات متنوع مورفولوژیک و پومولوژیک گونه *Prunus arabica* به‌عنوان یک منبع ژنتیکی مهم برای پرورش بادام بررسی شد و در نهایت، با توجه به مقاومت قابل توجه در برابر تنش‌های محیطی به‌عنوان یک منبع ارزشمند برای اصلاح پایه‌های بادام معرفی شد. در مطالعه حیدری و همکاران (Heidari et al., 2022)، پس از بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی و میوه‌شناسی ۸۴ درخت بادام آبیاری نشده، تعداد ۱۱ ژنوتیپ براساس ویژگی‌های مهم تجاری مانند عملکرد میوه، وزن خشک‌میوه، سختی پوست، شکل مغز، وزن و مزه مغز به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش در شرایط تنش خشکی معرفی شدند. در پژوهش ایمانی و همکاران (Imani et al., 2022) ارزیابی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و میوه‌شناسی و عملکرد رقم‌ها و نژادگان‌های امیدبخش بادام به‌منظور انتخاب بهترین رقم‌ها صورت گرفت. نتایج حاصل از بررسی صفات ریخت‌شناسی و میوه‌شناسی نشان داد که نژادگان‌های K2-9، K9-7، K2-22، K3-16، K2-9، K3-16، Sh 15، KD-11-01 و ارقام شکوفه، نون پاریل و پرایس دارای پوست کاغذی و بازارپسندی خوبی هستند. ارقام شکوفه، فرانسیس، A200، A230 و نژادگان K13-40 به‌دلیل دیرگل بودن نسبت به رقم سفید به‌طور متوسط ۲۰ تا ۲۵ روز به‌طور احتمال کمتر در معرض سرمای بهاره قرار دارند. همچنین طی دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بیشترین میزان عملکرد را ارقام فلیپ سئو، فرانسیس و نژادگان‌های K8-24 و K9-24 دارا بودند. به‌طور کلی، رقم نون پاریل و نژادگان KD-11-01 از نظر پوست کاغذی و ارقام فرانسیس، A200، A230 و نژادگان K13-40 با میوه پوست سنگی بهترین ارقام و نژادگان‌ها شناخته شدند.

در پژوهش موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2010)، پس از بررسی خصوصیات کمی و کیفی رقم ۵۵ و ژنوتیپ بادام ایرانی و خارجی، ارقام شاهرود ۱۲، شاهرود ۷، شاهرود ۸-ب، زرکان ۷، فرانسیس، شاهرود ۲۱، مامایی، نان پاریل، موتتری، سونورا، نی پلاس الترا، یلدا و ژنوتیپ‌های کا-۱۲۱-۴-۴، کا-۱-۱۶، کا-۱۱-۳۰ و کا-۱۰-۱۵ از نظر صفات خشک‌میوه و مغز برتری نسبی داشتند. در مطالعه موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2020)، با بررسی خصوصیات خشک‌میوه و مغز رقم و نژادگان بادام ایرانی و خارجی، تنوع زیادی بین ارقام و نژادگان مشاهده کردند. در این پژوهش، ارقام شاهرود ۱۳، شاهرود ۲۱، شاهرود ۶، سفید، پریمورسکی، یلدا، شاهرود ۱۰، شاهرود ۱۲، مامایی، شاهرود ۷ و نژادگان‌های انتخابی AIM2، AIM1، GM1، AHN2، AHYU و AHN1 از نظر صفات خشک‌میوه و مغز برتری نشان دادند.

در پژوهش ایمانی و همکاران (Imani et al., 2011) ۳۴۰ ژنوتیپ بادام از مناطق ایران، ۲۰ رقم خارجی، ۸۰ هیبرید امیدوارکننده حاصل از تلاقی‌های کنترل شده و ۱۰ رقم تجاری محلی برای

جدول ۱- ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش بادام مورد بررسی در این مطالعه

Table 1- Promising almond cultivars and genotypes examined in this study

رقم/ژنوتیپ Cultivar/genotype	کد رقم/ژنوتیپ Cultivar/genotype code	رقم/ژنوتیپ Cultivar/genotype	کد رقم/ژنوتیپ Cultivar/genotype code
TS-16	GA1	2-29 (D7)	GA 19
D	GA 2	100-1-1	GA 20
TS-21	GA 3	2-0-4	GA 21
TS-14	GA 4	3-1-4	GA 22
Aviz	GA 5	TS-18	GA 23
A8	GA 6	D2	GA 24
B8	GA 7	TS-30	GA 25
100-1-8-1	GA8	1306 (Tabriz genotype)	GA 26
2-3-2	GA 9	AH2 (Tabriz genotype)	GA 27
TS-11	GA 10	108 (Tabriz genotype)	GA28
(1/16) 1-16	GA 11	Yalda	GA29
3-1-15	GA 12	Saba	GA 30
13-40	GA 13	Shamshiri (Shahrekord)	GA 31
TS1	GA 14	AY (Shahrekord)	GA 32
8-35	GA 15	Mamaei	GA 33
85	GA 16	AN2 (Shahrekord)	GA 34
35	GA 17	AN4 (Shahrekord)	GA 35
B6	GA 18	AN5 (Shahrekord)	GA 36

اندازه‌گیری صفات

صفات رویشی ارتفاع درخت، طول تاج‌پوشش درخت، عرض تاج‌پوشش درخت و طول شاخه در باغ با متر اندازه‌گیری شد و قطر پایه، پیوندک و شاخه در باغ توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد (جدول ۲). صفات فنولوژیک با شروع گل‌دهی و ثبت زمان‌های مختلف گل‌دهی در بهار و صفات رویشی در تابستان و پاییز و میانگین عملکرد پس از پوست‌گیری و خشک شدن میوه‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری صفات خشک‌میوه و مغز، تعداد ۱۰۰ میوه از هر یک از ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در زمان رسیدن میوه در شهریور ماه از چهار جهت جغرافیایی درخت و از شاخه‌های مختلف به‌صورت تصادفی برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد منتقل شدند. سپس پوست سبز میوه‌ها جدا گردید و نمونه‌ها در محدوده دمایی ۲۶-۲۸ درجه سانتی‌گراد و در شرایط هوای آزاد خشک شدند. این نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری صفات خشک‌میوه و مغز ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی استفاده شد. اندازه‌گیری صفاتی مانند طول، عرض، قطر میوه و مغز به‌وسیله دستگاه کولیس دیجیتال و اندازه‌گیری وزن خشک‌میوه و مغز به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ انجام شد. میزان عملکرد براساس میانگین وزن خشک محصول در هر واحد آزمایشی (دو درخت) بر حسب گرم محاسبه شد. کددهی برخی صفات براساس توصیف‌گر بادام (Gülcan, 1985) با کمی تغییرات انجام شد (جدول ۲).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱/۳) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. به‌منظور تعیین همبستگی بین صفات رویشی، خشک‌میوه و مغز از ضرایب همبستگی پیرسون استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج

صفات رویشی

براساس نتایج تجزیه واریانس، بین صفات ارتفاع درخت، عرض تاج‌پوشش درخت، قطر پایه و پیوندک، طول و قطر شاخه و نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید. (ANOVA, $P < 0.01$). (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش بر صفات رویشی نشان داد که بین صفات ارتفاع درخت، عرض تاج‌پوشش درخت، قطر پایه و پیوندک، طول و قطر شاخه و نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. ژنوتیپ‌های GA۳، GA۳۵، GA۲۶، GA۱۹، GA۱۷، GA۱، GA۲۴ و GA۳۴ بیشترین ارتفاع درخت و ژنوتیپ‌های GA۳۰، GA۹، GA۳۳ و GA۶ کمترین ارتفاع درخت را داشت (جدول ۴). بیشترین عرض تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ‌های GA۱۷، GA۵ و GA۳ بیشترین عرض تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ‌های GA۳۲، GA۳۰ و GA۱۱ مشاهده شد. ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۵ و GA۵ بیشترین

جدول ۲- صفات، علامت اختصاری، واحد و روش اندازه‌گیری در ارقام و ژنوتیپ‌های بادام مورد بررسی

Table 2- Traits, abbreviation, unit and measurement method in investigated varieties and genotypes of almond

شماره Number	صفت Attribute	علامت اختصاری Abbreviation	واحد Unit	روش اندازه‌گیری Measurement method
1	ارتفاع درخت Tree height	TH	cm	متر Meter
2	طول تاج‌پوشش درخت Canopy length	CL	cm	متر Meter
3	عرض تاج‌پوشش درخت Canopy width	CW	cm	متر Meter
4	قطر پایه Rootstock diameter	RD	mm	کولیس Calliper
5	قطر پیوندک Scion diameter	SD	mm	کولیس Calliper
6	طول شاخه Branch length	BL	cm	متر Meter
7	قطر شاخه Branch diameter	BD	mm	کولیس Calliper
8	نسبت طول به عرض تاج‌پوشش درخت Canopy length/crown width ratio	CL/CW		طول تاج‌پوشش درخت به عرض تاج‌پوشش درخت Canopy length/canopy width
9	نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت Tree height/canopy length ratio	TH/CL		ارتفاع درخت به طول تاج‌پوشش درخت Tree height/canopy length
10	طول خشک‌میوه Nut length	NL	mm	کولیس Calliper
11	عرض خشک‌میوه Nut width	NW	mm	کولیس Calliper
12	ضخامت خشک‌میوه Nut thickness	NTH	mm	کولیس Calliper
13	وزن خشک‌میوه Nut weight	NWT	g	ترازوی دیجیتال Digital scale
14	وزن مغز Kernel weight	KWT	g	ترازوی دیجیتال Digital scale
15	طول مغز Kernel length	KL	mm	کولیس Calliper
16	عرض مغز Kernel width	KW	mm	کولیس Calliper
17	ضخامت مغز Kernel thickness	KTH	mm	کولیس Calliper
18	نسبت عرض به طول خشک‌میوه (NR1) Nut width/nut length ratio	NW/NL		عرض خشک‌میوه به طول خشک‌میوه Nut width/nut length
19	نسبت ضخامت به طول خشک‌میوه (NR2) Nut thickness/nut length ratio	NTH/NL		ضخامت خشک‌میوه به طول خشک‌میوه Nut thickness/nut length
20	نسبت ضخامت به عرض خشک‌میوه (NR3) Nut thickness/nut width ratio	NTH/NW		ضخامت خشک‌میوه به عرض خشک‌میوه Nut thickness/nut width
21	ضخامت پوسته چوبی Shell thickness	STH	mm	کولیس Calliper
22	دوقلوایی Double kernel	DK	code	۱ = فاقد دوقلوایی، ۳ = کم، ۵ = متوسط، ۷ = زیاد، ۹ = خیلی زیاد 1 = no double kernel, 3 = little, 5 = moderate, 7 = high, 9 = very high
23	درصد پوکی Percentage of blank kernel	PBK	%	تعداد مغزهای پوک در نمونه صدتایی The number of blank kernel in a 100 kernels

ادامه جدول ۲- صفات، علامت اختصاری، واحد و روش اندازه گیری در ارقام و ژنوتیپ های بادام مورد بررسی

Continued Table 2- Traits, abbreviation, unit and measurement method in investigated varieties and genotypes of almond

شماره Number	صفت Attribute	علامت اختصاری Abbreviation	واحد Unit	روش اندازه گیری Measurement method
24	رنگ مغز Kernel color	KCI	code	۱=خیلی روشن، ۳=روشن، ۵=متوسط، ۷=تیره، ۹=خیلی تیره 1=very light, 3=light, 5=medium, 7=dark, 9=very dark ۱=فاقد چروکیدگی، ۳=چروکیدگی کم، ۵=چروکیدگی متوسط، ۷=
25	چروکیدگی مغز Shrinkage of kernel	SK	code	چروکیدگی زیاد 1=no shrinkage, 3 = slightly wrinkled, 5 = Intermediate, 7 = wrinkled
26	سختی پوست چوبی Shell hardness	SH	code	۱=خیلی سخت، ۳=سخت، ۵=نیمه سخت، ۷=نازک، ۹=کاغذی 1=very hard, 3=hard, 5=semi-hard, 7=thin, 9=papery ۱=بسته، ۳=نیمه باز، ۵=باز
27	درز و شکاف روی پوست Suture opening of the shell	SOS	code	1= Excellent seal (no openings), 3= Open (about 2 mm), 5= very wide
28	درصد مغز Percentage of kernel	PK	%	وزن صد عدد مغز به صد عدد خشک میوه Weight of 100 kernels /weight of 100 nuts
29	نسبت عرض به طول مغز (KR1) Kernel width/kernel length ratio	KW/KL		عرض مغز به طول مغز Kernel width/kernel length
30	نسبت ضخامت به طول مغز (KR2) Kernel thickness/kernel length ratio	KTH/KL		ضخامت مغز به طول مغز Kernel thickness/kernel length
31	نسبت ضخامت به عرض مغز (KR3) Thickness/kernel width ratio kernel	KTH/KW		ضخامت مغز به عرض مغز kernel thickness/kernel width
32	نسبت وزن مغز به وزن خشک میوه (KNR) Kernel weight/nut weight ratio	KWT/NWT		وزن مغز به وزن خشک میوه Kernel weight/nut weight
33	عملکرد Yeild		g	میانگین وزن خشک محصول هر واحد آزمایشی
34	عادت باردهی Location of flower buds		code	۱=بیشتر روی شاخه یک ساله (تیپ شاخه)، ۲=بیشتر روی اسپور (تیپ اسپور)، ۳=روی شاخه و اسپور (تیپ مختلط) 1=most flower buds on one year old shoots, 2=most flower buds on spurs, 3=mixed
35	زمان آغاز گل دهی Season of flowering		code	۱=خیلی زود، ۲=متوسط تا دیر، ۳=زود، ۴=زود تا متوسط، ۵=متوسط، ۶=متوسط تا دیر، ۷=دیر، ۸=دیر تا خیلی دیر، ۹=خیلی دیر 1=extremely early, 2=very early, 3=early, 4=early/intermediate, 5=intermediate, 6=intermediate/late, 7=late, 8= very late, 9=extremely late
36	زمان رسیدن میوه Harvest maturity		code	۱=خیلی زود، ۳=زود، ۵=متوسط، ۷=دیر، ۹=خیلی دیر 1=extremely early, 3=early, 5= medium, 7=late, 9=extremely late

براساس نتایج، میزان عملکرد در ژنوتیپ های مختلف به طور معنی داری متفاوت است. بیشترین میزان عملکرد در ژنوتیپ های GA۲۰، GA۱۶، GA۲۶، GA۱۰، GA۳۱، GA۱۴، GA۲۲، GA۲۳، GA۲۵، GA۱۹، GA۳۳، GA۲۷، GA۲۴ و GA۲۹ و کمترین عملکرد در ژنوتیپ های GA۳۲، GA۳۰ و GA۷ مشاهده شد. تاریخ گل دهی در ارقام و ژنوتیپ های مورد مطالعه تفاوت معنی دار داشت و از متوسط گل تا بیش از حد دیرگل متفاوت بود (جدول ۷). ارقام و ژنوتیپ های GA۲۹، GA۳۰ و GA۳۳ از نظر زمان

بیشترین نسبت عرض به طول خشک میوه در ژنوتیپ های GA۱۲ و GA۲۷ و کمترین میزان در ژنوتیپ GA۳۶ مشاهده شد. نسبت عرض به طول خشک میوه همبستگی مثبت و معنی داری با نسبت ضخامت به عرض خشک میوه ($r=0.7$) داشت (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین نسبت ضخامت به طول و عرض خشک میوه در ژنوتیپ GA۲۷ و کمترین نسبت در ژنوتیپ GA۳۶ مشاهده شد (جدول ۶).

های حیاتی در شرایطی است که گیاه باید آب کافی در اختیار داشته باشد، افزایش تورژانس سلول‌های در حال رشد در اثر جذب آب منجر به طول شدن سلول‌ها شده و افزایش ارتفاع رخ می‌دهد (Taiz & Zeiger, 2010). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات خشک‌میوه و مغز دارای تفاوت معنی‌دار هستند که بیانگر این است که این ارقام و ژنوتیپ‌ها به‌عنوان منبع ژرم‌پلاسِم خوب برای برنامه‌های به‌نژادی در نظر گرفته شود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ژنوتیپ ۳۵ پیوند شده روی پایه GN۱۵ بیشترین طول، عرض و قطر خشک‌میوه، بیشترین وزن خشک و وزن مغز، رنگ مغز روشن، مغز بدون چروکیدگی و بیشترین درصد مغز و بیشترین نسبت وزن مغز به‌وزن خشک‌میوه را دارا بود. براساس مطالعه حاضر، بیشترین عملکرد در ارقام و ژنوتیپ‌های ۲۰، ۱۶، ۲۶ و ۱۶ مشاهده شد. از نظر صفت دوقلویی در اکثر ارقام میزان کمی مشاهده شد. میزان دوقلویی در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از صفر تا زیاد متغیر بود. لقاح دو تخمک در تخمدان بادام و سپس رشد هر دو تخمک باعث پدیده دوقلویی در بادام می‌شود. دوقلویی یک صفت منفی است که باعث تغییر شکل مغزها و کاهش ارزش تجاری بادام می‌شود، علاوه‌براین کیفیت محصول و بازاریابی بسته به درصد دوقلویی کاهش می‌یابد (Janick & Moore, 1996). وقوع این پدیده به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه دمای پایین در مرحله قبل از گل‌دهی گزارش شده است (Artega & Sociasi Company, 2001) یک برنامه تلقیح متعادل و کشت ژنوتیپ‌های مناسب در مناطق معتدل می‌تواند این مشکل را کاهش دهد (Gouta et al., 2019) سفتی پوست در ژنوتیپ‌های مورد بررسی از پوست سخت تا پوست کاغذی متغیر بود. پوسته یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های پرورش بادام است. گزارش شده است که ژنوتیپ‌های پوسته سخت نسبت به حشرات و آلودگی‌های قارچی مقاوم‌تر هستند، درحالی‌که ژنوتیپ‌های پوسته نرم به‌شدت مستعد آسیب‌های ناشی از این عوامل هستند (Gradziel & Martínez, 2015; Gómez, 2002; Khadivi-Khub & Etemadi-Khah, 2015). بر این اساس، برنامه‌های اصلاحی به ژنوتیپ مورد استفاده بستگی دارد، به‌طوری‌که در مورد ژنوتیپ‌های پوسته نرم، باید منابع مقاوم در برابر حشرات و قارچ‌ها را یافت (Khadivi et al., 2022).

گل‌دهی متوسط، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۴ و GA۳۶ نسبتاً دیرگل، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۱، GA۳۴، GA۵، GA۲۷، GA۱۹، GA۲۳، GA۱۴، GA۳۱، GA۲۶ و GA۲۰ خیلی دیرگل و ژنوتیپ‌های GA۲۸، GA۸، GA۲۵، GA۷ و GA۲۵ بیش از حد دیرگل بودند. عادت گل‌دهی (باردهی) در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۷). ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۹، GA۳۳، GA۳۰، GA۲ و GA۳۴ گل‌دهی روی شاخه یک‌ساله، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۴، GA۳، GA۹، GA۱۲، GA۲۱، GA۱۸، GA۱۹، GA۲۳، GA۱۴، GA۲۰ و GA۲۵ گل‌دهی بیشتر روی اسپور و گل‌دهی سایر ارقام و ژنوتیپ‌ها به‌صورت مختلط بود. زمان برداشت در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف از زود تا خیلی دیر متفاوت بود. ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۹، GA۳۳، GA۲۴ زودرس، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۳۰، GA۲۱، GA۳۶، GA۱۳، GA۱۱، GA۶، GA۴، GA۳۵، GA۲۲، GA۱۰، GA۱۶، GA۲۷، GA۲۸ از نظر زمان رسیدن متوسط و ارقام و ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۲۵ و GA۱۵ خیلی دیررس بودند. سایر ارقام و ژنوتیپ‌ها دیررس بودند (جدول ۷).

بحث

یکی از روش‌های به‌نژادی بادام و دستیابی به ارقام جدید، انتخاب ژنوتیپ‌های امیدبخش و ارزیابی تکمیلی آن‌ها در کنار ارقام تجاری است، که ضمن حفظ ذخائر توارثی و ژرم‌پلاسِم، می‌توان به ارقام جدید با صفات مطلوب دست پیدا کرد. در این پژوهش، ۳۶ ژنوتیپ امیدبخش بادام روی پایه GN۱۵ (سازگار با تغییرات آب در دسترس) (Ranjbar & Imani, 2022)، پیوند زده شد و صفات رویشی و مشخصات خشک‌میوه و مغز درختان جوان حاصل، در سال اول باردهی جهت انتخاب ژنوتیپ برتر اندازه‌گیری شد. براساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات رویشی، قطر پایه و پیوندک و طول شاخه یک‌ساله در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی، قدرت رشد پایه رویشی GN قابل توجه بود. افزایش شاخص‌های رشد، افزایش جذب و غلظت عناصر غذایی پر مصرف و کم‌مصرف در پایه‌های GN قبلاً بیان شده و مؤید این مطلب است (Safavi et al., 2023). براساس نتایج مقایسه میانگین صفات رویشی، بیشترین ارتفاع در ژنوتیپ‌های GA۴، GA۳ و GA۳۵ بیشترین عرض تاج‌پوشش درخت در ژنوتیپ‌های GA۱۷، GA۵ و GA۳ و بیشترین قطر پایه و پیوندک در ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۵ و GA۵ و بیشترین طول و قطر شاخه یک‌ساله در ژنوتیپ GA۱۸ مشاهده شد. رشد طولی گیاهان از تقسیم و طول شدن سلول‌ها در اثر فعالیت مریستم انتهایی و رشد قطری در نتیجه فعالیت مریستم جانبی می‌باشد، بنابراین افزایش ارتفاع و رشد طولی در نتیجه افزایش فعالیت مریستم انتهایی رخ می‌دهد. ارتفاع گیاه به‌شدت به محیط رشد بستگی دارد. پدیده رشد حاصل فعالیت-

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات رویشی ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام پیوند شده روی پایه GN در سال اول
Table 3- ANOVA for the vegetative traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GN rootstock in the first year

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares									
		ارتفاع درخت Tree height	طول تاج پوشش Canopy length	عرض تاج پوشش Crown width	قطر پایه Rootstock diameter	قطر پیوندک Scion diameter	طول شاخه Branch length	قطر شاخه Branch diameter	نسبت طول به عرض تاج پوشش درخت Canopy length/canopy width	نسبت ارتفاع به طول تاج پوشش درخت Tree height/canopy length	
بلوک Block	2	306.69	1668.59	1174.36	8.129	7.936	55.067	0.212	0.0106	0.086	
ژنوتیپ Genotype	35	2253.93**	1306.19 ^{ns}	1275.15**	151.33**	138.05**	748.95**	3.733**	0.0261 ^{ns}	0.96**	
خطا Error	70	822.94	934.49	881.97	40.422	41.365	60.24	0.369	0.022	0.048	
ضریب تغییرات CV (%)		14.73	18.64	19.49	12.28	12.51	14.44	8.12	13.69	18.07	

^{ns}, **, ***, * و : به ترتیب عدم معنی داری، و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.
^{ns}, **, ***, * and * : non-significant, and significant at P≤0.01 and P≤0.05, respectively

جدول ۴- صفات رویشی ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام پیوند شده روی پایه GN15
Table 4-The vegetative traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GN15 rootstock

ژنوتیپ‌ها Genotypes	ارتفاع درخت Tree height (cm)	عرض تاج پوشش درخت Canopy width (cm)	قطر پایه Rootstock diameter (mm)	قطر پیوندک Scion diameter (mm)	طول شاخه Branch length (cm)	قطر شاخه Branch diameter (mm)	نسبت ارتفاع به طول تاج پوشش درخت Tree height/canopy length
GA1	215.67 a-e*	167a-e	59.17 a-d	54.73 a-f	44.17f-j	7.2 e-i	1.29 a-f
GA 2	171d-f	159.33a-f	53.1 a-h	48.1 b-g	41.3g-k	6.23 i-l	0.91 fg
GA 3	252ab	183.67a-c	58.2 a-d	56.93 a-d	49.1e-i	6.9 f-j	1.42 a-e
GA 4	260.33 a	169.33a-e	53.13 a-h	50.47 a-g	76.37ab	9.4 ab	1.36 a-e
GA 5	169.33 d-f	202a	60.53 a-c	59.83 a-c	64.53b-d	6j-l	0.81 g
GA 6	161ef	155.67a-f	50.8 b-i	56.2 a-e	41.97g-k	7.47 d-h	0.99 d-g
GA 7	201b-e	170.67a-e	51.57 a-h	48.5 b-g	19.2l	5.17l	1.11 b-g
GA8	198.67 b-e	156.67a-f	57a-f	52.5 a-g	77.47ab	8.53 b-d	1.22 a-g
GA 9	158.33 ef	156.33a-f	46.77 d-j	53.1 a-g	49.2e-i	8.03 c-f	0.97 e-g
GA 10	203.33 b-e	144a-f	55.8 a-g	55.2 a-f	53.3d-g	8.07 c-f	1.31 a-f
GA 11	172.33 d-f	120.33d-f	36.07 j	32.87 h	28.03kl	6.57 g-k	1.41 a-e
GA 12	178.67 c-f	158.33a-f	44.43 f-j	43.9 e-h	72.3a-c	8.47 b-d	1.35 a-f
GA 13	183c-f	146.33a-f	41.67 h-j	43.6 e-h	43.37g-j	6.97 f-j	1.21 a-g
GA 14	198.33 b-e	153.33a-f	49.7 b-i	52.5 a-g	52.4d-h	7.2 e-i	1.11 b-g
GA 15	203.67 b-e	134.67b-f	62ab	60.7 ab	75.6ab	8.77 a-c	1.35 a-f
GA 16	179c-f	146.67a-f	48.17 c-j	48.93 b-g	43.93f-j	5.13l	1.15 a-g
GA 17	224.67 a-d	190ab	58.97 a-d	54.13 a-f	58.73c-f	7.23 e-i	1.12 b-g
GA 18	187c-f	157a-f	44.57 f-j	43.1 f-h	80.93a	9.83 a	1.04 c-g
GA 19	225a-d	153a-f	51.37 a-i	55.9 a-f	51.7d-i	7.47 d-h	1.34 a-f
GA 20	188.67 c-f	148.33a-f	64.07 a	62.87 a	42.5g-k	6.37 h-k	1.16 a-g
GA 21	168.33 d-f	147a-f	53.27 a-h	51.57 a-g	68.5a-c	8.43 b-d	1.15 a-g
GA 22	189c-f	143.67a-f	45.73 f-j	46.3 d-g	66.07a-d	7.63 c-g	1.14 b-g
GA 23	202b-e	179a-d	50.07 b-i	52.6 a-g	49.47e-i	6.87 f-j	1.18 a-g
GA 24	210.33 a-e	127.67c-f	43.6 g-j	46.87 c-g	70.37a-c	9.23 ab	1.41 a-e
GA 25	197.33 b-e	138.33b-f	47.93 c-j	48.33 b-g	75.7ab	8.77 a-c	1.42 a-d
GA 26	231.67 a-c	137.33b-f	44.5 f-j	46.53 d-g	65.6b-d	8.37 b-e	1.6 a
GA 27	183.33 c-f	146.67a-f	41.53 h-j	40.43 gh	60.57c-e	7.47 d-h	1.16 a-g
GA28	191.67 c-e	178.33a-d	54.47 a-g	54.77 a-f	37.67h-k	5.7 kl	0.97 e-g
GA29	187.67 c-f	164.67a-e	46.1 f-j	43.1 f-h	47.97e-i	7.63 c-g	1.18 a-g
GA 30	134.33 f	115.67ef	58.97 a-d	58.73 a-d	44.23f-j	7.47 d-h	0.99 d-g
GA 31	183.67 c-f	130.33b-f	58.2 a-d	58.73 a-d	77.03ab	8.6 b-d	1.18 a-g
GA 32	178c-f	104.33f	38.93 ij	40.43 gh	54d-g	7.17 e-j	1.35 a-e
GA 33	158.33 ef	128.33c-f	60.07 a-c	57.03 a-d	36.67i-k	7.43 d-h	1.16 a-g
GA 34	206a-e	151.67a-f	58.17 a-d	59.2 a-d	42.53g-k	7.93 c-f	1.44 a-c
GA 35	251ab	162.67a-f	57.03 a-f	58.33 a-d	31.4j-l	6.6 g-k	1.34 a-f
GA 36	203.33 b-e	154.67a-f	56.73 a-f	53.27 a-g	40.8g-k	7.17 e-j	1.49 ab

* در هرستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's multiple range test.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات خشک میوه و مغز ۳۶ رقم و ژنوتیپ امید بخش بادام پیوند شده روی پایه GN15
 Table 5- ANOVA for the nut and kernel traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GN15 rootstock

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares											
		طول خشک میوه Nut length	عرض خشک میوه Nut width	قطر خشک میوه Nut thickness	وزن خشک میوه Nut weight	وزن مغز Kernel weight	طول مغز Kernel length	عرض مغز Kernel width	قطر مغز Kernel thickness	ضخامت پوسته چوبی Shell thickness	دوقلویی Double kernel	درصد پوکی Percentage of blank kernel	رنگ مغز Kernel color
بلوک Block	2	1.1872	2.282*	1.727**	0.634**	0.211**	5.856	0.543	0.223**	0.244**	0.009 ^{ns}	0.148	2.033
ژنوتیپ Genotype	35	69.952**	32.262**	9.541**	5.673**	1.489**	46.658**	11.276**	4.897**	1.863**	0.333**	1.933**	13.44**
خطا Error	70	0.519	0.4657	0.288	0.105	0.0215	4.601	0.266	0.0425	0.0310	0.0187	0.0624	2.01
ضریب تغییرات CV (%)		2.16	3.34	3.98	11.79	14.67	9.24	4.19	3.36	5.48	1.003	5.56	5.66

^{ns}, **, * and * : non-significant, and significant at P<0.01 and P<0.05, respectively

ادامه جدول ۵- تجزیه واریانس صفات خشک‌میوه و مغز ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام روی پایه GN15
Continued Table 5- ANOVA for the nut and kernel traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GN15 rootstock

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares										
		چروکیدگی مغز Shrinkage of kernel	سفتی پوست Shell hardness	فرز و شکاف پوست Suture opening of the shell	درصد مغز Percentage of kernel	نسبت عرض به طول مغز Kernel width/length	نسبت ضخامت به طول مغز Kernel thickness/length	نسبت عرض مغز به وزن خشک‌میوه Kernel width/nut weight	نسبت عرض به طول خشک‌میوه Nut width/length	نسبت ضخامت به طول خشک‌میوه Nut thickness/length	نسبت ضخامت به عرض خشک‌میوه Nut thickness/nut width	نسبت ضخامت به عرض خشک‌میوه Nut thickness/nut width
بلوک Block	2	0.037	0.064	0.098	1.758	0.204**	0.205**	0.204**	0.184**	0.203**	0.204**	0.202**
ژنوتیپ Genotype	35	1.476**	18.77**	10.971**	355.83**	0.033**	0.038**	0.059**	0.063**	0.026**	0.026**	0.031**
خطا Error	70	0.017	0.093	0.028	14.93	0.009	0.0091	0.0091	0.011	0.009	0.009	0.009
ضریب تغییرات CV (%)		3.17	4.2	6.3	10.8	15.53	26.5	16.1	23.6	13.6	19.3	12.8

ns, **, ***, **: non-significant, and significant at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$, respectively.
ns, **, ***, **: به ترتیب عدم معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

جدول ۶- صفات خشکمیوه و مغز ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام روی پایه GNI15
Table 6- The nuts and kernels traits of 36 promising almond cultivars and genotypesgrafted on GNI15

ژنوتیپ‌ها Genotypes	طول Nut length (mm)	عرض خشکمیوه Nut width (mm)	قطر خشکمیوه Nut thickness (mm)	وزن خشکمیوه Nutweight (g)	وزن مغز Kernel weight (g)	طول مغز Kernel length (mm)	عرض مغز Kernel width (mm)	قطر مغز Kernel thickness (mm)	ضخامت پوسته چوبی Shell thickness (mm)	دوقلابی Double kernel (code)	پوکی Percentage of blank kernel (%)	رنگ مغز Kernel color (code)
GA1	27.8 n*	14.3 p	9.9 o	0.730 n	0.4 m	15.9 no	9.4 s	3.9 p	2.9 k-m	3a	4a	5b
GA2	23.8 p	15.9 o	12.93 ij	1.36 k-m	0.6 k-m	18.2 n	10.8 m-q	6.9 bc	2.8 lm	3a	4a	1c
GA3	41.6 b	24.4 c	14.25 e-g	4.75 bc	1.4 bc	27b-e	15a-c	6.2 e-h	3.4 g-i	3a	2b	5b
GA4	40.5 bc	23.2 c-e	15.95 bc	4.21 c	1.2 cd	26.7 b-e	13.9 de	6.4 de	3.9 cd	3a	4a	1c
GA5	25o	16.4 no	12.13 j-l	1.24 l-n	0.7 h-l	19.6 j-n	10.2 o-s	4.4 o	3.2 g-j	3a	4a	5b
GA6	34.6 hi	16.5 no	11.42 l-n	2.33 g-i	0.7 j-m	22.9 e-k	11.1 k-o	5.5 kl	2.6 m-o	3a	4a	5b
GA7	35.1 gh	19jk	13h-j	2.67 e-h	0.9 d-i	25.6 c-h	11.8 h-l	6.1 e-h	2.9 k-m	3a	2b	5b
GA8	33.6 ij	22.8 d-f	15.39 cd	4.17 c	1.1 d-f	24.3 d-i	14.6 b-d	6.6 cd	3.8 de	3a	4a	1c
GA9	32.6 jk	18.9 jk	10.98 mn	1.51 j-m	0.9 e-k	22.9 e-k	12.2 g-j	6g-j	2.3 op	3a	4a	5b
GA10	36.2 fg	26.1 b	16.40 b	5.22 b	1.2 cd	24.5 d-i	15.4 ab	7.2 b	4.1 c	3a	4a	5b
GA11	30.7 lm	16.7 no	10.47 no	1.02 mn	0.4 m	12.6 o	7.2 t	4.6 no	3.8 de	3a	4a	1c
GA12	25.2 o	17.4 mn	11.8 k-m	1.27 l-n	0.8 h-l	18.9 k-n	12.8 f-h	6.9 bc	1.8 r	3a	4a	5b
GA13	28n	15.5 o	10.75 no	1.66 j-l	0.7 h-l	20.8 i-l	9.9 q-s	5.4 kl	2.8 lm	3a	2b	5b
GA14	32.6 jk	18.7 i-l	12.66 i-k	2.78 d-g	0.8 e-k	23.6 d-i	11.7 i-m	5mn	3.3 g-j	3a	4a	1a
GA15	33.1 j	23.6 cd	13.98 f-h	2.09 h-j	0.9 d-j	21.7 g-l	12.7 f-i	6.6 cd	3.3 g-j	3a	4a	1c
GA16	30.6 lm	21.3 gh	15.16 c-e	2.92 d-g	1d-i	22.8 e-k	13.3 ef	7.1 b	3.5 e-g	3a	4a	1c
GA17	35.3 gh	21.1 gh	13.16 hi	2.90 g	0.9 d-j	24.2 d-i	13.3 ef	6.4 d-f	3.2 h-k	3a	2b	5b
GA18	34.6 hi	22.7 d-f	15.7 bc	4.18 c	1.1 d-g	25.3 c-h	14.2 cd	6f-j	4.1 c	3a	4a	5b
GA19	30.6 lm	21.7 fg	13.47 g-i	2.56 e-h	0.8 g-l	21.5 h-l	14.4 cd	6.1 e-i	3i-l	3a	4a	1c
GA20	32.9 j	23.6 cd	14.2 d-f	3.08 de	1d-i	22.5 g-l	14.7 b-d	6.2 e-h	2.7 l-n	3a	4a	5b
GA21	37.3 ef	21.6 fg	13.41 g-i	1.9 i-k	0.9 e-k	25.9 c-g	12.2 g-i	5.7 ik	2.1 pq	3a	4a	5b
GA22	31lm	20.3 hi	14f-h	2.4 f-i	0.5 lm	18.6 ln	10.9 l-p	6.4 d-h	2qr	3a	2b	7a
GA23	26.8 n	16.7 no	11.2 l-n	1.6 j-m	0.7 i-l	19.7 j-n	10p-s	6.3 d-h	2.4 o	3a	4a	1c
GA24	30.2 m	21.3 gh	14.6 d-f	1.8 i-l	1d-h	20.8 i-l	12.2 g-j	12.2 a	5.8 a	3a	4a	5b
GA25	32.8 ik	22fg	13.4 g-i	3de	0.8 f-k	22.6 g-l	12.9 fg	6.4 d-f	3.4 gh	3a	4a	1c
GA26	35gh	23.2 c-e	15.1 c-e	3.3 d	0.8 e-k	32.2 a	12.3 g-i	5.3 lm	3.7 d-f	1b	4a	1c
GA27	27.7 n	18.7 j-l	14.3 e-g	2.1 h-j	0.8 h-l	19.3 k-n	12.1 g-k	6.4 de	2.8 lm	3a	4a	5b
GA28	31.6 kl	17.5 l-n	12.7 i-k	2.3 g-i	1d-i	24.1 d-i	11.3 j-n	6h-j	2.8 lm	3a	4a	5b
GA29	39.9 c	19.5 ij	12.5 i-k	2i-k	1d-i	26.5 b-e	11.9 g-k	5.8 t-k	2.5 no	3a	4a	1c
GA30	33.5 ij	18k-m	11.8 k-m	1.9 i-k	0.7 i-l	21.9 g-l	10.5 n-r	5.1 lm	3j-l	3a	2b	5b
GA31	35.4 gh	17.4 mn	12.5 i-k	3d-f	0.9 e-k	25.3 c-h	9.7 rs	5.3 lm	2.7 l-n	3a	4a	5b
GA32	35.2 gh	23.7 cd	14.3 e-g	3.4 d	1.1 de	25.9 c-g	14.3 cd	6.4 de	3.5 e-h	3a	2b	5b
GA33	33.1 j	18.7 i-l	14.3 e-g	3.4 d	1d-j	24.1 d-i	12.1 g-i	6.4 d-g	3.9 cd	3a	4a	5b
GA34	39.4 cd	23.9 cd	14.2 e-g	4.3 c	1.5 b	29.3 a-c	14.8 b-d	6.6 cd	3.5 e-h	3a	4a	1c
GA35	45.4 a	28.2 a	17.9 a	7.7 a	4.9 a	30.1 ab	15.8 a	5.3 lm	4.9 b	3a	4a	1c
GA36	38.4 de	22-e-g	14.5 d-f	2.7 e-h	0.9 e-k	27.3 b-d	12.1 g-k	5.7 i-k	3.4 f-h	3a	4a	1c

* در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد یا استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's multiple range test.

ادامه جدول ۶- صفات خشکمیوه و مغز ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام پیوند شده روی پایه GNL5
Continued Table 6- The nuts and kernels traits of 36 promising almond cultivars and genotypes grafted on GNL5

ژنوتیپها Genotypes	چروکیدگی Shrinkage kernel of (code)	سفتی پوست Shell hardness (code)	روزی پوست Suture opening of the shell (code)	درصد مغز Percentage of kernel (%)	نسبت عرض Kernel		نسبت ضخامت Kernel		نسبت وزن مغز به وزن خشکمیوه Kernel		نسبت عرض به طول Nut		نسبت ضخامت به طول خشکمیوه Nut	
					به طول مغز width/kern el length	به طول مغز thickness/ker nel length	به عرض مغز thickness/ kernel width	به عرض مغز thickness/ kernel width	به طول Nut width/ nut length	به طول Nut thickness/nut length	به طول خشکمیوه thickness/nut length	به طول خشکمیوه thickness/nut width		
GA1	5a*	9a	5a	52.7 b	0.69 a-c	0.34 c-i	0.51 f-k	0.63 a-d	0.61 d-i	0.45 d-g	0.79 a-i			
GA 2	3b	7b	5a	40.1 cd	0.71 a-c	0.49 b-d	0.75 bc	0.23 i	0.79 a-e	0.66 ab	0.93 ab			
GA 3	3b	5c	1b	27.9 g-j	0.67 a-c	0.35 c-i	0.53 e-k	0.52 b-i	0.7 a-g	0.46 c-g	0.7 e-k			
GA 4	5a	5c	5a	27.5 g-j	0.59 c-e	0.31 d-i	0.53 e-k	0.4 f-l	0.64 c-i	0.46 c-g	0.75 b-k			
GA 5	3b	9a	5a	55.8 b	0.6 c-e	0.3 d-i	0.51 f-k	0.34 g-i	0.73 a-f	0.56 a-e	0.82 a-h			
GA 6	5a	7b	5a	26.8 g-j	0.54 c-f	0.29 e-j	0.54 e-k	0.64 a-d	0.53 g-i	0.38 e-g	0.74 b-k			
GA 7	3b	9a	1b	32.8 d-h	0.56 c-f	0.34 c-i	0.62 b-i	0.32 h-i	0.64 c-i	0.47 b-g	0.78 a-j			
GA 8	3b	3d	1b	24.4 j	0.7 a-c	0.37 b-i	0.55 d-k	0.43 d-i	0.78 a-e	0.56 a-e	0.77 a-j			
GA 9	3b	9a	5a	53.1 b	0.69 a-c	0.42 b-f	0.64 b-h	0.34 g-i	0.74 a-f	0.49 b-f	0.73 c-k			
GA 10	3b	3d	1b	23.4 j	0.63 b-d	0.3 d-i	0.47 h-k	0.69 a-c	0.72 a-g	0.45 d-g	0.63 h-k			
GA 11	3b	9a	5a	33.5 d-h	0.69 a-c	0.48 b-e	0.76 bc	0.45 d-k	0.66 b-i	0.46 c-g	0.74 b-k			
GA 12	3b	9a	5a	54.1 b	0.85 a	0.54 b	0.71 b-e	0.72 ab	0.87 a	0.65 a-c	0.86 a-f			
GA 13	3b	3d	1b	39.7 c-e	0.59 c-e	0.38 b-h	0.66 b-h	0.52 b-i	0.67 b-h	0.5 b-f	0.81 a-i			
GA 14	3b	3d	5a	26.2 h-j	0.65 b-d	0.36 b-i	0.58 c-j	0.42 e-l	0.73 a-f	0.55 a-f	0.83 a-g			
GA 15	3b	9a	5a	45.1 c	0.58 c-e	0.31 d-i	0.53 e-k	0.45 d-k	0.72 a-g	0.43 d-g	0.59 j-k			
GA 16	3b	3d	5a	33.2 d-h	0.59 c-e	0.32 d-i	0.54 e-k	0.33 g-i	0.7 a-g	0.5 b-f	0.71 e-k			
GA 17	3b	5c	5a	34.4 d-g	0.55 c-f	0.26 f-j	0.48 h-k	0.35 g-i	0.6 e-i	0.38 e-g	0.63 h-k			
GA 18	5a	5c	5a	23.8 j	0.68 a-c	0.35 c-i	0.54 e-k	0.36 f-l	0.77 a-f	0.57 a-e	0.81 a-i			
GA 19	3b	7b	5a	30.9 f-j	0.67 a-c	0.28 f-j	0.43 j-k	0.31 i-l	0.71 a-g	0.44 d-g	0.62 i-k			
GA 20	3b	5c	5a	32.4 e-i	0.66 a-d	0.28 f-j	0.42 j-k	0.32 h-l	0.72 a-g	0.45 d-g	0.62 i-k			
GA 21	3b	9a	1b	44.5 c	0.47 d-g	0.22 g-j	0.47 h-k	0.45 d-k	0.58 f-i	0.36 f-g	0.62 i-k			
GA 22	5a	9a	5a	28.8 g-j	0.59 c-e	0.35 c-i	0.59 c-j	0.29 j-l	0.66 b-i	0.45 d-g	0.68 f-k			
GA 23	5b	7b	1b	39.5 c-e	0.67 a-c	0.48 b-e	0.79 b	0.56 b-f	0.79 a-e	0.58 a-d	0.84 a-g			
GA 24	3b	9a	1b	54.4 b	0.71 a-c	0.71 a	1.13 a	0.67 a-c	0.84 ab	0.61 a-d	0.81 a-i			
GA 25	3b	5c	5a	23.5 j	0.72 a-c	0.43 b-f	0.64 b-h	0.38 f-l	0.82 a-c	0.56 a-e	0.76 b-j			
GA 26	3b	3d	5a	24j	0.42 e-g	0.19 i-j	0.44 i-k	0.24 k-l	0.67 b-i	0.44 d-g	0.65 g-k			
GA 27	3b	3d	5a	29.1 g-i	0.82 ab	0.53 bc	0.73 b-d	0.49 c-i	0.87 a	0.71 a	0.96 a			
GA 28	3b	9a	5a	37.2 d-f	0.63 b-d	0.4 b-h	0.68 b-f	0.53 b-h	0.71 a-g	0.56 a-e	0.88 a-e			
GA 29	3b	9a	5a	45.1 c	0.61 c-e	0.38 b-h	0.65 b-h	0.62 a-e	0.66 b-i	0.48 b-f	0.81 a-i			
GA 30	3b	9a	5a	27.5 g-j	0.74 a-c	0.49 b-d	0.75 bc	0.54 b-g	0.8 a-d	0.62 a-d	0.92 a-c			
GA 31	3b	3d	1b	27.8 g-i	0.39 f-g	0.21 h-j	0.56 d-k	0.28 i-l	0.5 hi	0.36 f-g	0.72 d-k			
GA 32	3b	5c	1b	32.4 e-i	0.6 c-e	0.3 d-i	0.5 f-k	0.37 f-l	0.72 a-g	0.46 c-g	0.65 g-k			
GA 33	3b	3d	1b	25.2 i-j	0.65 b-d	0.41 b-g	0.67 b-g	0.4 f-l	0.71 a-g	0.58 a-d	0.91 a-d			
GA 34	3b	5c	1b	32.5 e-i	0.7 a-c	0.42 b-f	0.64 b-h	0.52 b-i	0.8 a-d	0.56 a-e	0.79 a-i			
GA 35	3b	3d	5a	63a	0.67 a-c	0.32 d-i	0.48 g-k	0.78 a	0.77 a-f	0.54 a-f	0.78 a-i			
GA 36	3b	7b	5a	34.4 d-g	0.34 g	0.11 j	0.38 k	0.25 k-l	0.48 i	0.28 g	0.56 k			

* در دسترس، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد یا استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.
* Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's multiple range test

جدول ۷- عملکرد و صفات فنولوژیکی ۳۶ رقم و ژنوتیپ امیدبخش بادام روی پایه GN15

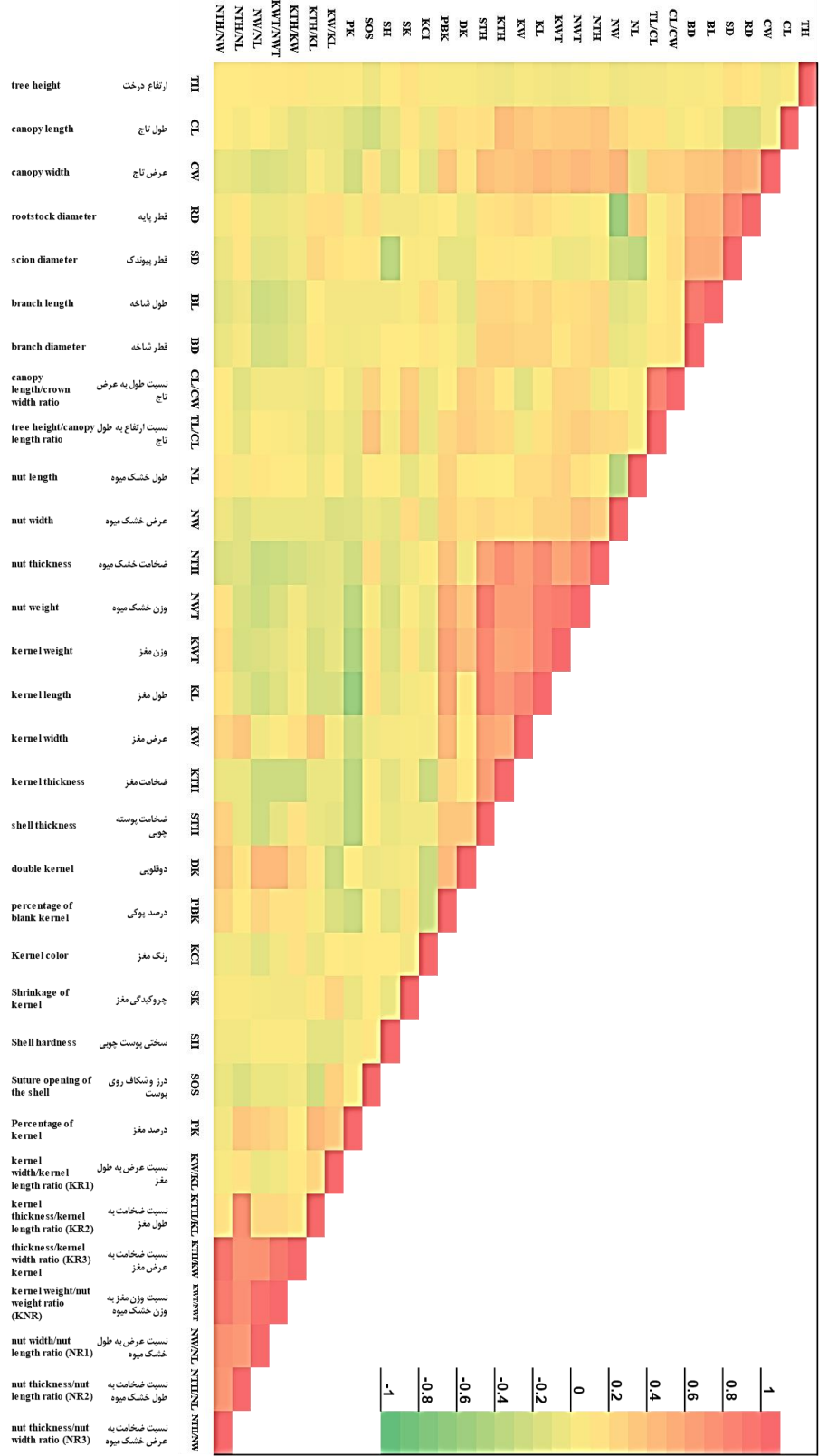
Table 7- The yield and phenological traits of 36 promising almond cultivars and genotypes on GN15 rootstock

ژنوتیپ‌ها Genotypes	عملکرد Yield (g)	تاریخ گل‌دهی Season of flowering (code)	عادت گل‌دهی Location of flower buds (code)	زمان رسیدن Harvest maturity (code)
GA1	102.8g-i*	8b	3a	7b
GA2	102.2g-i	7c	1c	7b
GA3	1182a	7c	2b	7b
GA4	295.8c-i	7c	3a	5c
GA5	362.3c-i	8b	3a	7b
GA6	249.5d-i	7c	3a	5c
GA7	84hi	9a	3a	7b
GA8	347c-i	9a	3a	7b
GA9	120g-i	7c	2b	7b
GA10	554.2b-e	7c	3a	5c
GA11	196.7e-i	7c	3a	5c
GA12	172f-i	7c	2b	7b
GA13	167.2f-i	7c	3a	5c
GA14	511.7b-f	8b	2b	7b
GA15	93.3hi	7c	3a	9a
GA16	641.7bc	7c	3a	5c
GA17	350c-i	7c	3a	7b
GA18	305.1c-i	7c	2b	7b
GA19	408.5b-h	8b	2b	7b
GA20	720.2b	8b	2b	9a
GA21	227e-i	7c	2b	5c
GA22	463.4b-g	7c	3a	5c
GA23	423.4b-h	8b	2b	7b
GA24	382b-i	6d	2b	3d
GA25	413.3b-h	9a	2b	9a
GA26	606.7b-d	8b	3a	7b
GA27	398.3b-h	8b	3a	5c
GA28	218.3e-i	9a	3a	5c
GA29	382.6b-i	5e	1c	3d
GA30	77hi	5e	1c	5c
GA31	536.8b-e	8b	3a	7b
GA32	29.9i	7c	3a	7b
GA33	408.3b-h	5e	1c	3d
GA34	246.7d-i	8b	1c	7b
GA35	315c-i	7c	3a	5c
GA36	93.6hi	6d	3a	5c

* در هرستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's multiple range test

جدول ۸- نمودارهای حرارتی همبستگی بین صفات ریخت‌شناختی، خشک‌میوه و مغز اندازه‌گیری شده
 Table 7- Heat map of the correlation between the measured morphological, nut and kernel traits



ژنوتیپ‌های امیدبخش و قابل توصیه معرفی شدند. در پژوهش رسولی و همکاران (Rasouli et al., 2019) به منظور گروه‌بندی و مقایسه ۱۰۰ ژنوتیپ بذری بادام صفات رویشی، خشک‌میوه و مغز بادام اندازه‌گیری شد. براساس نتایج این پژوهش، تنوع ژنتیکی خوبی در این ژنوتیپ‌ها مشاهده شد و صفات مربوط به خشک‌میوه و مغز بیشترین تأثیر را در جداسازی ارقام و ژنوتیپ‌ها داشتند. در مطالعه پرز سانچز و مورال کورتز (Pérez-Sánchez & Morales-Corts, 2021)، خصوصیات ریخت‌شناسی، میوه‌شناسی و شیمیایی ۲۴ رقم بادام برای سه سال مورد ارزیابی قرار گرفت، براساس این مطالعه، ارقام Marcelina و Gorda José دارای عملکرد بالا و خشک‌میوه-هایی با کیفیت بالا (وزن بالا، درصد دوقلویی پایین و ارزش غذایی بالا) معرفی شدند. در مطالعه خوجند (Khojand et al., 2023) برخی ارقام و ژنوتیپ‌های بادام از نظر صفات خشک‌میوه و مغز، میزان روغن و اسیدهای چرب مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به مجموع صفات اندازه‌گیری شده در این مطالعه، ژنوتیپ D ۱۲۴ و ارقام سه‌پند، شاهرود، صبا و روبی (Ruby) به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر و با ارزش معرفی شدند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بررسی صفات رویشی، فنولوژی، خشک‌میوه و مغز در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی تا حد زیادی توانست تنوع بین ارقام و ژنوتیپ‌ها را نشان دهد. ارقام و ژنوتیپ‌های دارای درصد مغز بیشتر، پوست نازک‌تر، میزان نقوش بیشتر روی پوست و رنگ مغز روشن تا متوسط داشتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات ارتفاع درخت، عرض تاج‌پوشش درخت، قطر پایه و پیوندک، طول و قطر شاخه و نسبت ارتفاع به طول تاج‌پوشش درخت در ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. مطابق با نتایج این مطالعه، تنوع زیادی بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات خشک‌میوه و مغز وجود داشت که بیانگر این است که این ارقام و ژنوتیپ‌ها می‌توانند به‌عنوان منبع ژرم‌پلاسم خوب برای برنامه‌های به‌نژادی در نظر گرفته شود. بیشترین عملکرد در ژنوتیپ‌های GA۲۰، GA۱۶ و GA۲۶ مشاهده شد. براساس نتایج به‌دست آمده، ارقام و ژنوتیپ‌های GA۵، GA۲۴، GA۱۲، GA۹ و GA۱ از نظر صفات خشک‌میوه و مغز برتری نسبی نشان دادند که ژنوتیپ GA۲۴ نسبتاً دیرگل، ژنوتیپ‌های GA۱ و GA۵ خیلی دیرگل بودند و گل‌دهی ارقام و ژنوتیپ‌های GA۹، GA۱۲ و GA۲۴ روی اسپور و GA۱ و GA۵ مختلط بود. نتایج این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ ۳۵ پیوند شده روی پایه GN۱۵ ژنوتیپی دیرگل، عادت باردهی مختلط، زمان برداشت (بلوغ) متوسط، بیشترین طول، عرض و قطر خشک‌میوه، بیشترین وزن خشک و وزن مغز، رنگ مغز روشن،

محققان دیگری در طول سال‌های مختلف، خصوصیات ریخت‌شناسی، فنولوژی و میوه‌شناسی ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف بادام را بررسی نمودند. درستکار و همکاران (Dorostkar et al., 2011) در استان فارس خواص رویشی، ریخت‌شناختی، خصوصیات کمی و کیفی خشک‌میوه و مغز ۲۲ رقم بادام خارجی و ۳۲ ژنوتیپ از بادام‌های مشهور استان فارس را که قبلاً جمع‌آوری شده بودند را براساس توصیف‌نامه بین‌المللی بادام (Gülcan, 1985) مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که در بین ارقام بادام مورد بررسی ارقام بادام شماره ۲۱، ۲۱، ۱۴، ۳، ۸، ۲۴، ۱۰ و ۷ از نظر میزان عملکرد و سایر صفات نسبت به دیگر ارقام برتری داشتند. در پژوهش مرادی و موسوی (Moradi & Mousavi, 1999) خصوصیات ریخت‌شناسی و میوه‌شناسی سه رقم بادام محلی چهارمحال بختیاری را تشریح کردند. در پژوهش موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2020) پس از بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی ۵۵ رقم و ژنوتیپ بادام، گزارش کردند که ژنوتیپ‌ها از نظر تمام صفات کمی و کیفی نسبت به هم اختلاف معنی‌دار دارند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در پژوهش خدیوی خوب و اساتی (Khadiivi-Khub & Osati, 2016) پس از بررسی ۹۰ نژادگان بادام گزارش کردند که بین نژادگان‌های مورد بررسی از نظر تمامی صفات به‌ویژه ابعاد و وزن خشک‌میوه و مغز، زمان رسیدن، درصد مغز و درصد دوقلویی اختلاف معنی‌داری وجود داشت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. وجود تنوع بالا در صفات خشک‌میوه و مغز از جمله درصد مغز، وزن خشک‌میوه و دوقلویی در سایر پژوهش‌ها (Mousavi et al., 2020; Mousavi et al., 2010; Rasouli et al., 2015; Rasouli et al., 2012; Rasouli et al., 2019) گزارش شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. وزوایی (Vezvaei, 1985)، ضمن شناسایی ارقام بادام مناطق مختلف استان تهران و مرکزی، خصوصیات کمی و کیفی محصول این ارقام را جهت انتخاب بهترین ارقام مورد بررسی قرار داده و ارقام بادام دیرگل کاشان-۸، تفرش-۴ و شمیران-۱۳ را به‌عنوان ارقام برتر انتخاب کرده است. تنوع ریخت‌شناختی زیادی بین ۱۴ رقم داخلی و خارجی بادام در مراکش گزارش شد (Zinelabidine et al., 2015). نتایج حاصل از پژوهش مله‌ویی و همکاران (Melhaoui et al., 2019) نشان داد که تنوع زیادی از نظر صفات پومولوژیک بین ارقام مختلف بادام منطقه مراکش وجود دارد. با بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی ۱۹۸ نهال بادام در پژوهش بیگی و خدیوی (Beigi & Khadiivi, 2023)، ۱۹ ژنوتیپ دیرگل و امیدبخش بادام معرفی شد. در مطالعه موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2015) جهت دستیابی به ژنوتیپ‌های امیدبخش گردو در استان چهارمحال و بختیاری، برخی صفات فنولوژیک و پومولوژیک ۵۸ ژنوتیپ انتخابی طی سه سال مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج این مطالعه، ژنوتیپ‌های ۳، ۵، ۱۵، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۴۲ به‌عنوان

منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری و ایستگاه تحقیقاتی بادام در تأمین مالی و مساعدت در انجام بخشی از پروژه پسا دکتری (شماره طرح: ۴۰۲۰۲۸۹) قدردانی و سپاسگزاری می‌نمایند.

مغز بدون چروکیدگی و بیشترین درصد مغز و بیشترین نسبت وزن مغز به وزن خشک‌میوه را دارا بود.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از همکاری صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

تعارض منافع

نگارندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

References

- Artega, N., & Sociasi Company, R. (2001). *Heritability of fruit and kernel traits in almond*. III International Symposium on Pistachios and Almonds 591, Zaragoza, Spain.
- Asgari, K., & Khadivi, A. (2021). Morphological and pomological characterizations of almond (*Prunus amygdalus* L.) genotypes to choose the late-blooming superiors. *Euphytica*, 217(3), 42. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02777-0>
- Ayaz, Z., Zainab, B., Khan, S., Abbasi, A.M., Elshikh, M.S., Munir, A., Al-Ghamdi, A.A., Alajmi, A.H., Alsubaie, Q.D., & Mustafa, A.E.Z.M. (2020). *In silico* authentication of amygdalin as a potent anticancer compound in the bitter kernels of family Rosaceae. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(9), 2444-2451. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.041>
- Babadai, R., Mousavi, S.A., & Mehrdad, J. (2017). *Guide to Almond Production*. Islamic Azad University Khorasgan Publications, Khorasgan, Iran. (In Persian)
- Barreca, D., Nabavi, S. M., Sureda, A., Rasekhian, M., Raciti, R., Silva, A.S., Annunziata, G., Arnone, A., Tenore, G. C., & Süntar, İ. (2020). Almonds (*Prunus dulcis* Mill. DA webb): A source of nutrients and health-promoting compounds. *Nutrients*, 12(3), 672. <https://doi.org/10.3390/nu12030672>
- Beigi, F., & Khadivi, A. (2023). Selection of superior late-blooming almond (*Prunus dulcis* [Mill.] DA Webb) genotypes using morphological characterizations. *Food Science and Nutrition*, 11(7), 3844-3857. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3370>
- Çantal, D. (2022). *Effect of different rootstocks on fruit quality and plant nutrient content of almond cvs.Ferragnes and Ferraduel*. M.Sc. Thesis, Ege University Graduate School of Applied and Natural Science. p. 56.
- Chalak, L., Chehade, A., & Kadri, A. (2007). Morphological characterization of cultivated almonds in Lebanon. *Fruits*, 62(3), 177-186. <https://doi.org/10.1051/fruits:2007013>
- De Giorgio, D., Leo, L., Zacheo, G., & Lamascese, N. (2007). Evaluation of 52 almond (*Prunus amygdalus* Batsch) cultivars from the Apulia region in Southern Italy. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(4), 541-546. <https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512271>
- De Giorgio, D., & Polignano, G. (2001). Evaluating the biodiversity of almond cultivars from germplasm collection field in Southern Italy. *Sustaining the Global Farm*, 56, 305-311.
- Dorostkar, M., Mostafavi, M., Shariat-Panahi, M.S., Hasani, D., Khalighi, A., & Nikzad, A. (2011). Self-compatibility and suitable planting combination of commercial cultivars of almond. *Seed and Plant Improvement Journal*, 27(4), 449-457. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/SPIJ.2017.111076>
- FAO. (2021). *FAOSTAT database results*. <http://Fao.stat.org/stat/almond>
- Gouta, H., Ksia, E., Ayachi, M., & Martinez-Gomez, P. (2019). Agronomical evaluation of local Tunisian almond cultivars and their breeding prospects. *European Journal of Horticultural Science*, 84(2), 73-84. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2019/84.2.3>
- Gradziel, T.M., & Martínez-Gómez, P. (2002). Shell seal breakdown in almond is associated with the site of secondary ovule abortion. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(1), 69-74.
- Gülcan, R. (1985). *Descriptors list for Almond (Prunus amygdalus; Revised)*. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR).
- Heidari, P., Sanaeizadeh, S., Rezaei, M., & Khadivi, A. (2022). Phenotypical and pomological characterization of non-irrigated almond (*Prunus dulcis* Mill.) trees to select superior genotypes. *Erwerbs-Obstbau*, 64(3), 333-343.
- Imani, A., Amani, G., Shamili, M., Mousavi, A., Hamed, R., Rasouli, M., & José Martínez-García, P. (2021). Diversity and broad sense heritability of phenotypic characteristic in almond cultivars and genotypes. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(3), 281-289. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.284452.303>
- Imani, A., Ghoreyshi, H., Mohamadi Torkashvand, A., Azizi-Nazhad, R., & Ebrahimi, R. (2022). Evaluation of morphological and pomological characteristics and yield of almond cultivars and promising genotypes. *Iranian*

- Journal of Horticultural Science and Technology*, 23(2), 277-290. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/20.1001.1.16807154.1401.23.2.7.7>
- 19- Imani, A., Mousavi, A., Biat, S., Rasouli, M., Tavakoli, R., & Piri, S. (2011). Genetic diversity for late frost spring resistance in almond. *Acta Horticulturae*, 912, 371-375. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.912.54>
 - 20- Janick, J., & Moore, J.N. (1996). *Fruit Breeding, Tree and Tropical Fruits* (Vol. 1). John Wiley and Sons. p. 632.
 - 21- Kester, D.E., & Gradziel, T.M. (1996). Almonds In J. Janick & J. N. Moore (Eds.), *Fruit Breeding, Volume 3: Nuts* (pp. 1-97). John Wiley and Sons, Inc.
 - 22- Khadivi-Khub, A., & Etemadi-Khah, A. (2015). Phenotypic diversity and relationships between morphological traits in selected almond (*Prunus amygdalus*) germplasm. *Agroforestry Systems*, 89, 205-216. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9754-x>
 - 23- Khadivi-Khub, A., & Osati, E. (2016). Evaluation of self-compatibility, flowering time and morphological variables in some almond genotypes to choose superiors. *Plant Production Technology*, 8(1), 103-124. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22084/ppt.2016.1764>
 - 24- Khadivi, A., Mirheidari, F., & Moradi, Y. (2022). *Prunus arabica* (Olivier) Meikle, an important genetic resource for breeding of almond: Morphological and pomological characterizations. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 69(5), 1717-1730. <https://doi.org/10.1007/s10722-022-01361-2>
 - 25- Khojand, S., Zeinalabedini, M., Azizinezhad, R., Imani, A., & Ghaffari, M.R. (2023). Diversity of nut and kernel weight, oil content, and the main fatty acids of some almond cultivars and genotypes. *Journal of Nuts*, 14(1), 33-44. <https://doi.org/10.22034/jon.2022.1945292.1145>
 - 26- Melhaoui, R., Addi, M., Houmy, N., Abid, M., Mihamou, A., Serghini-Caid, H., Sindic, M., & Elamrani, A. (2019). Pomological characterization of main almond cultivars from the North Eastern Morocco. *International Journal of Fruit Science*, 19(4), 413-422. <https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1552232>
 - 27- Moradi, H., & Mousavi, S.A. (1999). *Characteristics of three varieties of local almonds in Chaharmahal and Bakhtiari province*. First National Conference on Almond, Shahrekord, Iran. (In Persian)
 - 28- Mougiou, N., Maletsika, P., Konstantinidis, A., Grigoriadou, K., Nanos, G., & Argiriou, A. (2023). Morphological and molecular characterization of a new self-compatible almond variety. *Agriculture*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/agriculture13071362>
 - 29- Mousavi, S.A., Ghasemnezhad, M., Tatari, M., & Eskandari, S. (2020). Evaluation of phenotypic diversity of nut and kernel characteristics in some almond cultivars and promising genotypes. *Research in Pomology*, 5(1), 139-151. (In Persian with English abstract). https://rip.urmia.ac.ir/article_120954.html
 - 30- Mousavi, S.A., Moghadam, M.R.F., Zamani, Z., & Eimani, A. (2010). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of some almond cultivars and genotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 41(2), 119-131. (In Persian with English abstract)
 - 31- Mousavi, S.A., Tatari, M., Moradi, H., & Hassani, D. (2015). Evaluation of genetic diversity among the superior walnut genotypes based on pomological and phenological traits in Chahar Mahal va Bakhtiari province. *Seed and Plant Journal*, 31(2), 365-389. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/spij.2017.111264>
 - 32- Pérez-Sánchez, R., & Morales-Corts, M.R. (2021). Agromorphological characterization and nutritional value of traditional almond cultivars grown in the Central-Western Iberian Peninsula. *Agronomy*, 11(6), 1238. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061238>
 - 33- Ranjbar, A., & Imani, A. (2022). Grafting commercial cultivars of almonds on accurate rootstocks mitigates adverse effects of drought stress. *Scientia Horticulturae*, 293, 110-725. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110725>
 - 34- Rasouli, M., Fattahi Moghadam, M.R., Zamani, Z., Imani, A., & Ebadi, A. (2012). A study of the phenotypic diversity of some almond cultivars and genotypes, using morphological traits. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 43(4), 357-370. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijhs.2012.29371>
 - 35- Rasouli, M., Jafari Taeme, A., & Rahmati Joneidabad, M. (2019). Evaluation of genetic variation of some almond genotypes using morphological markers. *Pomology Research*, 4(1), 106-120. (In Persian with English abstract)
 - 36- Rubio-Cabetas, J.M. (2016). Almond Rootstocks: Overview. In O. Kodad, A. López-Francos, M. Rovira, & R. Socias i Company (Eds.), *XVI GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios* (Vol. 119, pp. 133-143). Zaragoza: CIHEAM. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a119/00007379.pdf>
 - 37- Safavi, E., Yadegari, M., Mousavi, S.A., & Haghghati, B. (2023). Investigation the different levels of drought stress on almond cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 37(2), 523-540. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhs.2022.77478.1184>
 - 38- Sorkkeh, K., Shiran, B., Kiani, S., Amirbakhtiar, N., Mousavi, S., Rouhi, V., Mohammady, D.S., Gradziel, T.M., Malysheva-Otto, L.V., & Martínez-Gómez, P. (2009). Discriminating ability of molecular markers and morphological characterization in the establishment of genetic relationships in cultivated genotypes of almond and related wild species. *Journal of Forestry Research*, 20(3), 183-194. <https://doi.org/10.1007/s11676-009-0036-9>
 - 39- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology* (5th Ed.). Sinauer Associates.

-
- 40- Vezvaei, A. (1985). *Evaluation of quantitative and qualitative traits of almond genotypes in Tehran and Central provinces of Iran in order to select superior cultivars*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. p. 196.
 - 41- Yada, S., Lapsley, K., & Huang, G. (2011). A review of composition studies of cultivated almonds. *Macronutrients and Micronutrients*, 24(4-5), 469-480.
 - 42- Zahedi, S.M., Abdelrahman, M., Hosseini, M.S., Yousefi, R., & Tran, L.S.P. (2020). Physical and biochemical properties of 10 wild almond (*Amygdalus scoparia*) accessions naturally grown in Iran. *Food Bioscience*, 37, 100721. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100721>
 - 43- Zinelabidine, L., H'ssaini, H., Ennahli, S., Latrache, H., & Hmid, I. (2015). Phenotypic, morphological diversity and biochemical characterization of 14 almond cultivars from Morocco. *Moroccan Journal of Chemistry*, 3(3), 3-3 2394-2406. <https://doi.org/10.48317/IMIST.PRSM/morjchem-v3i3.2589>