DOI: 10.22092/spj.2024.364114.1333

"نهال و بذر"
جلد ۳۹، شماره ۲، سال ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

ارزیابی خصوصیات ریخت شناسی، قدرت رشد و عملکرد چند رقم بادام در شرایط محیطی نی‌ریز استان فارس

Evaluation of Morphological Characteristics, Growth Vigor and Yield of Some Almond Cultivars under Environmental Conditions of Neyriz of Fars Province in Iran

میترا رحمتی[1*]، عبدالرضا کاوند[2] و غلامرضا گلکار[3]

۱- استادیار، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲- مربی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷

چکیده

رحمتی، م.، کاوند، ع. و گلکار، غ. ۱۴۰۲. ارزیابی خصوصیات ریخت شناسی، قدرت رشد و عملکرد چند رقم بادام در شرایط محیطی نی‌ریز استان فارس. **نهال و بذر ۳۹:** ۲۲۵-۲۵۱.

با توجه به ضرورت سازگاری درختان میوه مناطق معتدله با آثار ناشی از وقوع پدیده تغییر اقلیم، معرفی ارقام جدید محصولات باغی به‌ویژه ارقام پر محصول و بازارپسند بادام که دارای نیاز سرمایی/گرمایی و زمان گلدهی متنوع باشند و بتوانند در مناطق مختلف سازگار شوند، ضروری است. از این رو، درختان سه رقم بادام، که اخیرا ثبت شده اند، شامل: آریا، بردیا و ضیغمی و دو رقم تجاری به عنوان شاهد (فرادوئل و فرانیس)، پیوند شده روی پایه بذری بادام تلخ، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار در سال های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰در باغی در شهرستان نی‌ریز در استان فارس از لحاظ نیازهای اقلیمی، عملکرد و کیفیت محصول، و روابط بین خصوصیات مورفولوژیکی و پومولوژیکی درخت، برگ، گل و میوه ارزیابی شدند. نتایج حاکی از برتری رقم آریا از لحاظ قدرت رشد (۳۲۵ سانتیمترمربع سطح مقطع عرضی تنه)، عملکرد (به ترتیب برابر با ۱۰۰/۲۶ گرم میوه خشک و ۲۵/۳۶ گرم مغز بر سانتیمترمربع سطح مقطع عرضی درخت) نسبت به سایر ارقام بود. درصد دوقلویی و عملکرد مغز ارقام ضیغمی و بردیا در حدود استاندارد مغز بادام نبودند. آریا و بردیا کمترین (۲۹۶ واحد) و فرادوئل بیشترین (۵۱۵ واحد) نیاز سرمایی را داشتند. نیاز گرمایی ارقام جدید ثبت شده (۹۴۹۰ واحد) نیز کمتر از ارقام شاهد (۱۱۱۸۶ واحد) بود. گلدهی آریا و بردیا حدود دو هفته زودتر از ارقام شاهد بود و رقم ضیغمی حد وسط این دو گروه قرار داشت. بر اساس نتایج این پژوهش بادام رقم آریا می‌تواند به‌عنوان رقم تجاری برای کشت در مناطق دارای شرایط محیطی مشابه منطقه نی‌ریز در استان فارس و عاری از خطر سرمای بهاره مدّنظر قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: بادام، تمایز، عملکرد میوه خشک، درصد مغز، بازدهی تولید.

* نگارنده مسئول: m.rahmati@areeo.ac.ir تلفن: ۰۲۶۳۲۷۵۴۰۷۱

مقدمه

بادام شیرین (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb) از خانواده Rosaceae یکی از مهمترین میوه‌های خشک آجیلی و بومی آسیای جنوب شرقی و مرکزی است، اما امروزه در سراسر جهان در مناطق گرم و خشک مدیترانه‌ای کشت می‌شود (Casas *et al.*, 2011). باغ‌های تجاری بادام حتی در مناطق نیمه گرمسیر مانند مراکش و جنوب پرو نیز توسعه یافته است (Alonso *et al.*, 2017). تولید جهانی بادام در سال ۲۰۲۱ سه میلیون و ۹۹۴ هزار تن بود و در دوره ده ساله حدود ۱۳۰ درصد افزایش داشته است (Anonymous, 2023a). ایران با ۱۶۴ هزار تن تولید بادام پس از کشورهای آمریکا، اسپانیا، استرالیا، ترکیه و مراکش قرار دارد (Anonymous, 2023a). از حدود ۷۰۰ هزار تن تولید میوه‌های آجیلی در ایران، ۱۸ درصد به محصول بادام اختصاص دارد که پس از گردو و پسته (هر یک با ۳۹ درصد)، بیشترین سهم از این گروه محصولی را دارا است (Anonymous, 2023b).

با توجه به اهمّیت سازگاری درختان میوه مناطق معتدله با آثار ناشی از وقوع پدیده تغییر اقلیم، بویژه در ایران ، معرّفی و استفاده از ارقام جدید محصولات باغی ضروری است (Rahmati *et al.*, 2015; Ghasemi-Solouki *et al.*, 2023). علاوه بر این، افزایش تنوع ژنتیکی از طریق شناسایی و ثبت ارقام جدید و تجاری محصولات باغبانی بستر اصلی حفاظت از ژرم‌پلاسم این گیاهان ارزشمند و اساس برنامه‌های به‌نژادی صنعت باغبانی کشور محسوب می‌شود

امروزه در برنامه‌های به‌نژادی بادام علاوه بر تمرکز بر معرّفی ارقام دیرگلده و پرمحصول برای فرار از خسارت سرمای بهاره، بر شناسایی و معرفی ارقامی تاکید دارند که با داشتن نیاز سرمایی کمتر بتوانند در مناطقی با زمستان ملایم و تجمع واحد سرمایی کمتر هم سازگار شوند (Alonso Segura *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2023). تحقیقات انجام شده در اسپانیا در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۱ میزان تجمع واحد سرمایی در مناطق تولید بادام‌تا ۴۴ درصد کاهش یافته و نیاز سرمایی ارقام تجاری مانند مارکونا (Marcona) و لوران (Lauranne) تامین نشد (Arroyo *et al.*, 2022). علاوه بر زمان گلدهی، آگاهی از عادت باردهی گام مهمّی در برآورد ارزش اقتصادی یک رقم تجاری محسوب می‌شود (Kodad and Socias i Company, 2017).

شناخت روابط بین صفات مورفولوژیکی و پومولوژیکی و ارتباط آنها با بازدهی درخت که باید در فرآیند به‌نژادی بادام بهبود داده شوند، از اهمّیت زیادی برخوردار است. زیرا، از یک طرف، انتخاب صفتی که بتوان با در نظر گرفتن آن، ظهور یا عدم ظهور سایر صفات تاثیرگذار را برآورد کرد، تعیین کننده کارایی هر برنامه به نژادی است. از طرف دیگر، در صورت وجود

همبستگی معنی‌دار بین صفات، فرآیند گزینش غیر مستقیم و زودهنگام صفات مورد نظر تسهیل می‌شود. این امر در تفرق و تفکیک صفات در نتاج یا در مورد صفاتی که بروز آنها تا زمان بلوغ درخت به تاخیر می‌افتد، در خور توجّه است (Sorkheh *et al.*, 2010; Rasouli *et al.*, 2012; Mori *et al.*, 2023).

از ادغام مشاهدات فنوتیپی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیّره مانند تجزیه به عامل‌ها برای تمایز ژنوتیپ‌های امیدبخش و تعیین مهمترین صفات متمایزکننده آنها استفاده می‌شود. تجزیه مشخصات برگ، میوه، زمان گلدهی و تاریخ رسیدن نمونه های گونه‌های وحشی بادام در ایران به عامل‌های اصلی حاکی از آن بود که عامل اول همبستگی بالایی با خصوصیات مغز و میوه خشک داشت و عامل دوم در بردارنده خصوصیات برگ بود (Sorkheh *et al.*, 2007). در این مطالعه، این دو دسته صفات هیچگونه همبستگی با یکدیگر نداشتند. از جمله صفاتی که بیشترین چند شکلی را در بین ژنوتیپ‌های بادام در صربستان نشان دادند می‌توان به صفات مربوط به میوه خشک، مغز و اندازه برگ، زمان رسیدن و عادت رشد درخت اشاره کرد (Colic *et al.*, 2012). پژوهش‌های دیگری در افغانستان و مراکش حاکی از آن بود که خصوصیات میوه خشک و مغز اهمّیت بیشتری در ارزیابی تفاوت های ژنتیکی بین ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف بادام داشتند (Lansari *et al.*, 1998; Giordani *et al.*, 2016).

با توجه به ضرورت توسعه و اصلاح باغ‌های بادام کشور با استفاده از ارقام پربار و متحمّل به آثار سوء تغییر اقلیم، این پژوهش با هدف شناخت خصوصیات موفولوژیکی، پومولوژیکی و عملکرد سه رقم جدید بادام ثبت شده و مقایسه آنها با ارقام شاهد تجاری بادام در منطقه نی‌ریز استان فارس انجام شد.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش و مواد گیاهی

این پژوهش در یک باغ تجاری واقع در شهرستان نی‌ریز در استان فارس با مختصات عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی، ارتفاع ۲۱۰۰ متر از سطح دریا ومیانگین بارندگی ۲۲۶ میلیمتر در سال انجام شد. میانگین دمای هوا در تابستان در این منطقه ۳۳ درجه و حداقل مطلق دما در زمستان تا ۴/۴- درجه سانتیگراد می‌رسد. درختان سه رقم جدید ثبت شده بادام به نام‌های آریا، بردیا و ضیغمی و دو رقم شاهد فرادوئل (شاهرود ۷) و فرانیس (شاهرود ۱۲) پیوند شده روی پایه بذری بادام تلخ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ در محل باغ مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفتند. منشا این ارقام بومی بوده و از گرده افشانی آزاد ژنوتیپ‌های بومی با برخی از ارقام تجاری وارداتی حاصل شده‌اند و در فهرست ارقام بادام

ثبت شده (تحت حمایت) قرار دارند.

نیاز سرمایی و گرمایی

تاریخ شروع تجمع نیاز سرمایی در شرایط باغی مصادف با زمانی در نظر گرفته شد که تجمع واحدهای سرمایی به صورت ثابت بود و دماهایی که منجر به تاثیر منفی در تجمع سرما بودند، به ندرت رخ داد. اطلاعات دمای بیشینه و کمینه روزانه از ایستگاه هواشناسی نی‌ریز استان فارس با مختصات عرض و طول جغرافیایی به ترتیب ۲۹ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی واقع در ۱۴ کیلومتری باغ مورد نظر تهیه شد. وضعیت دمای سال‌های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. تبدیل دماهای بیشینه و کمینه روزانه به دمای ساعتی به کمک مجموعه chillR از نرم‌افزار آماری R انجام شد (Luedeling, 2020).

پس از تعیین تاریخ شروع تجمع سرما، به منظور تعیین زمان شکستن رکود جوانه‌های گل، در فواصل زمانی ۵ تا ۷ روز، سه شاخه به طول ۴۰ سانتیمتر و ضخامت ۰/۵ سانتیمتر از هر رقم به صورت هفتگی از باغ برداشت شد. انتهای شاخه‌ها در محلول پنج درصد ساکاروز در شرایط کنترل شده اتاق رشد (دمای روز و شب به ترتیب، ۲۵ و ۱۶ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد) قرار گرفت. هر پنج روز محلول ساکارز تعویض و انتهای شاخه‌ها در نیم سانتیمتری قطع شد. پس از سپری شدن ۱۰ روز، وضعیت نمو جوانه‌های گل روی شاخه‌ها بررسی شد و زمان شکستن رکود فیزیولوژیکی جوانه‌های گل بر پایه درصد شکوفایی جوانه‌ها در شرایط اتاق رشد تعیین شد. به طوریکه تاریخ برداشت شاخه‌هایی که ۳۰ درصد جوانه‌های گل آنها به مرحله فنولوژیکی ظهور رنگ سبز در نوک آنها رسیدند به عنوان تاریخ شکستن رکود ثبت شد (Egea *et al.*, 2003; Guillamón *et al.*, 2022).

نیاز سرمایی برای هر رقم بین زمان شروع تجمع واحدهای سرمایی تا زمان شکستن رکود درونی جوانه های گل بر اساس مدل‌های یوتا و یوتای مثبت (Positive Utah) در قالب واحد سرمایی کمّی شد (Luedeling, 2020). در مدل یوتا طیف دمایی بین یک تا ۱۲ درجه سانتیگراد در شکستن رکود درونی یا استراحت موثر است. دمای کمتر از یک درجه سانتیگراد و یا بین ۱۲ تا ۱۶ درجه سانتیگراد در شکستن رکود درونی بی تاثیر و دمای بالاتر از ۱۶ درجه سانتیگراد تاثیر منفی بر تجمع واحد سرمایی دارد. در مدل یوتای مثبت اما اثر منفی دماهای کمتر از ۱۲ درجه سانتیگراد در نظر گرفته نمی‌شود. در اقلیم‌های گرمتر این مدل، مانند مدل دینامیکی، بازدهی بالاتری در تخمین نیاز سرمایی دارد (Luedeling, 2020; Fernandez *et al.*, 2020).

سرمای تجمعی در فصل‌های پاییز و زمستان سال‌های انجام آزمایش در منطقه نی‌ریز با برآورد واحدهای سرمایی در دو مدل یوتا و یوتای مثبت محاسبه شد. نیاز گرمایی به صورت

جدول ۱- دماهای کمینه، بیشینه و میانگین آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ (ایستگاه هواشناسی نی‌ریزاستان فارس)

Table 1. Minimum, maximum and mean temperatures of December, January, February, March and April in 2018 to 2021 (Meteorological station of Neyriz of Fars province)

	November آذر			December دی			January بهمن			February اسفند			March فروردین		
Year	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean
2018-2019	3.4	22.2	12.5	0.2	21.0	9.1	-1.4	21.0	9.1	-1.7	19.6	8.0	0.2	20.6	11.2
2019-2020	1.2	25.8	11.7	0.1	19.0	8.9	-2.8	17.2	6.2	-1.3	24.4	11.2	1.6	24.9	12.7
2020-2021	4.3	27.0	13.8	1.6	15.5	8.7	-2.8	20.9	7.5	0.1	22.9	11.8	3.8	30.4	17.4

میانگین درجه ساعت رشد (Growing Degree Hour = GDH) تجمّعی از زمان شکستن رکود (تعیین شده در شرایط اتاق رشد) تا تاریخ تمام گل (مصادف با شکوفایی ۵۰ درصد گل‌ها در شرایط آب و هوایی باغ آزمایشی) هر رقم محاسبه شد. هر درجه ساعت رشد (GDH) به عنوان یک ساعت در دمای یک درجه سانتیگراد بالای دمای پایه (۴/۵ درجه) در نظر گرفته شد. برای دماهای ساعتی بین دمای پایه تا دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، درجه ساعت رشد (GDH) از تفریق دمای پایه از دماهای ساعتی محاسبه شد. دمای هوای بین ۲۵ تا ۳۶ درجه سانتیگراد به مثابه دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد (Alonso *et al*., 2005). برای تبدیل داده‌های ساعتی به واحدهای سرمایی و گرمایی از توابع شرطی با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

قدرت رشد و تولید درخت

قدرت رشد درخت از طریق محاسبه شاخص سطح مقطع عرضی تنه (Trunk Cross Sectional Area = TCSA) بر حسب سانتیمتر مربع در ارتفاع ۲۰ سانتیمتری بالای محل پیوند در درختان هشت ساله در پایان فصل رشد در سال ۱۳۹۹ اندازه گیری و ارزیابی شد (Arroyo *et al*., 2022). بازدهی تولید به صورت میزان تولید بادام با پوست (بر حسب گرم) در هر درخت نسبت به TCSA آن درخت، بازدهی عملکرد بر اساس میزان تولید مغز بادام (بر حسب گرم) هر درخت نسبت به TCSA آن و عملکرد مغز به صورت درصد مغز از وزن کل میوه با پوست محاسبه شد.

صفات مورفولوژیکی و پومولوژیکی

چهل و شش صفت به شرح جداول ۳ تا ۵ بر اساس دستورالعمل آزمون‌های تمایز، یکنواختی و پایداری بادام (Anonymous, 2019) یادداشت‌برداری/اندازه‌گیری شد. تظاهر صفات کیفی به‌صورت نمره‌دهی و تظاهر صفات کمّی پس از اندازه‌گیری بر اساس دامنه از پیش تعیین شده نمره‌دهی شد (Giordani *et al*., 2016). میزان حساسیت به آفت شپشک نخودی بادام به صورت مشاهده‌ای و توصیفی بررسی شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده هایکمّی و مقایسه میانگین ها با آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم افزار R انجام شد.

نتایج و بحث

نیاز سرمایی و گرمایی

برآورد تعداد واحد سرمایی تجمعی در شرایط اقلیمی نی‌ریز حاکی از آن بود که اغلب دماهای موثر در آذر، دی و بهمن اتفاق افتاد (جدول ۲). نیاز سرمایی ارقام بادام مورد مطالعه بین ۲۷۸ تا ۵۰۲ واحد سرمایی بر اساس مدل یوتا و بین ۲۹۴ تا ۵۴۲ واحد سرمایی طبق مدل یوتای مثبت متغیر بود و به جز برای رقم شاهد فرادوئل در یک سال، در سایر ارقام به طور کامل تا هفته اول دی تکمیل شد و پس از آن زمان باز شدن گل آنها تابع تامین نیاز گرمایی جوانه‌های گل بود (جدول ۳).

جدول ۲- واحدهای سرمای تجمعی در آذر، دی، بهمن و اسفند در منطقه نی‌ریز بر اساس مدل‌های بوتا و یوتای مثبت در سالهای ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹

Table 2. Chill accumulation units in December, January, February and March in Neyriz region based on the Utah and Positive Utah models in 2018 to 2021

Chill accumulation model	مدل تجمع سرما	سال Year	آذر November	دی December	بهمن January	اسفند February
Utah	یوتا	2018-2019	119	381	345	374
		2019-2020	222	436	473	167
		2020-2021	41	393	327	176
Mean	میانگین		127	403	382	239
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		71	7	21	49
Positive Utah	یوتای مثبت	2018-2019	252	432	397	392
		2019-2020	330	456	478	285
		2020-2021	217	430	379	300
Mean	میانگین		266	439	418	326
C.V. (%)	ضریب تغییرات		22	3	12	18

جدول ۳- نیاز سرمایی و گرمایی برای شکستن رکود و گلدهی برخی ارقام بادام در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

Table 4. Chilling and heat requirements for breaking of dormancy and blooming of some almond cultivars in 2019 and 2021

			نیاز سرمایی Chilling requirement					نیاز گرمایی Heat requirement	زمان گلدهی Blooming time		
Cultivar	رقم	Year	شروع Beginning	پایان End	تعداد روز Days	واحد سرمایی مدل یوتا CU	واحد سرمایی مدل یوتای مثبت PCU	درجه ساعت رشد GDH	شروع Beginning	تمام گل Full bloom	پایان End
Aria	آریا	2019-2020	17 Nov.	8 Dec.	22	278	302	9908	4 Mar.	8 Mar.	14 Mar.
		2020-2021	6 Dec.	23 Dec.	18	289	294	8212	26 Feb.	2 Mar.	11 Mar.
Mean					20	283	298	9060			
Bardia	بردیا	2019-2020	17 Nov.	10 Dec.	24	309	333	9560	6 Mar.	9 Mar.	15 Mar.
		2020-2021	6 Dec.	25 Dec.	20	308	313	8424	28 Feb.	4 Mar.	11 Mar.
Mean					22	309	323	8992			
Zeighami	ضیغمی	2019-2020	17 Nov.	14 Dec.	28	371	397	10419	11 Mar.	14 Mar.	19 Mar.
		2020-2021	NR	NR	NC	NC	NC	NC	7 Mar.	10 Mar.	15 Mar.
Ferraduel	فرادوئل	2019-2020	17 Nov.	23 Dec.	37	514	542	11614	17 Mar.	19 Mar.	24 Mar.
		2020-2021	6 Dec	6 Jan.	31	484	489	10609	12 Mar.	15 Mar.	20 Mar.
Mean					34	499	515	11111			
Ferragnès	فرانیس	2019-2020	17 Nov.	14 Dec.	28	371	397	11224	19 Mar.	21 Mar.	25 Mar.
		2020-2021	6 Dec.	27 Dec.	22	341	346	11299	13 Mar.	15 Mar.	20 Mar.
Mean					25	356	371	11261			

CU: Utah Chill Unit; PCU: Positive Utah Chill Unit. GDH: Growing Degree Hours, Nov.: November, Dec.: December, Jan.: January, Feb.: February, Mar.: March.

NC: Not calculated — NC: محاسبه نشد.

NR: Not recorded — NR: ثبت نشد.

در میان ارقام بادام رقم فرادوئل با بیشترین و رقم آریا باکمترین نیاز سرمایی و با ۱۵ روز تفاوت در تامین نیاز سرمایی شناسایی شدند. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۳، ارقام آریا و بردیا که نیاز سرمایی کمتری داشتند، با فاصله دو روز در نیمه اول آذر رکود درونی‌شان شکسته شد. رقم فرادوئل با دارا بودن بیشترین نیاز سرمایی (۵۰۰ واحد سرمایی در مدل یوتا) نه روز دیرتر از دیگر رقم فرانسوی، فرانیس (۳۵۰ واحد سرمایی در مدل یوتا)، به طور میانگین ۳۴ روز بعد از تاریخ شروع تجمع سرما ودر نیمه دی نیاز سرمایی‌اش تکمیل شد (جدول ۳). زمان تکمیل نیاز سرمایی رقم ضیغمی حد واسط این دو گروه بود.

نیاز گرمایی ارقام بادام مورد بررسی در دو سال آزمایش بین ۸۲۰۰ تا ۱۱۶۰۰ درجه ساعت رشد (GDH) بود (جدول ۳). بیشترین نیاز گرمایی مربوط به رقم فرانیس (با میانگین ۱۱۲۶۱ درجه ساعت رشد) و کمترین آن در ارقام آریا و بردیا (با مینگین ۹۰۲۶ درجه ساعت رشد) بود. دامنه نیاز سرمایی و گرمایی محاسبه شده از مدل یوتا برای ارقام فرانسوی در منطقه نی‌ریز با دامنه تعیین شده در شهرکرد (Biabani *et al.*, 2023) و منطقه آراگون (Aragon) در اسپانیا (Allonso *et al.*, 2005) مطابقت داشت. با توجه به اینکه نیاز سرمایی سه رقم بومی سفید، مامایی و ربیع در شهرکرد بین ۱۵۰ تا حدود ۲۰۰ واحد مدل یوتا بود (Biabani *et al.*, 2023)، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نیاز سرمایی ارقام جدید ثبت شده مورد مطالعه به مراتب بالاتر از این ارقام باشد.

زمان گلدهی بادام تابع تامین نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل است و تفاوت بین ارقام از این لحاظ در مناطق تولید بادام یک مزیّت محسوب می شود، زیرا امکان سازگار شدن آنها به مناطق اقلیمی مختلف را فراهم می‌آورد (Egea *et al.*, 2003). زمان شروع گلدهی در آریا و بردیا در سال ۱۳۹۷ پیش از هفتم اسفند و در ارقام شاهد پس از بیستم اسفند بود (جدول ۳). در سالهای ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ نیز گلدهی ارقام آریا و بردیا در هفته دوم اسفند و در ارقام شاهد در اواخر اسفند و اوایل فروردین اتفاق افتاد. زمان شروع گلدهی رقم ضیغمی در هر سه سال حد واسط این دو گروه قرار داشت (جدول ۳).

قدرت رشد و عملکرد درخت

ارقام بادام مورد مطالعه از نظر خصوصیات کمی دارای تفاوت های معنی دار بودند (جول تجزیه واریانس ارائه نشده است). قدرت رشد درخت (سطح مقطع عرضی تنه) رقم آریا (۳۷۹ سانتیمترمربع) به طور معنی‌دار و ۵۰ درصد بیشتر از قدرت رشد ارقام شاهد (با میانگین ۲۵۲ سانتیمترمربع) بود (جدول ۴). اما قدرت رشد ارقام بردیا و ضیغمی تفاوت معنی‌داری با رقم آریا و نیز با ارقام شاهد نداشت. عملکرد میوه سبز رقم آریا (۱۰۸ کیلوگرم در درخت) به طور معنی‌داری بیشتر و در رقم فرانیس (۲۸ کیلوگرم در درخت) کمتر از سایر ارقام بود (جدول ۴). عملکرد میوه سبز ارقام بردیا، ضیغمی و فرادوئل حدوسط این دو گروه قرار داشت.

جدول ۴- قدرت رشد و خصوصیات مرتبط با عملکرد برخی ارقام بادام در شرایط محیطی نی‌ریز استان فارس

Table 4. Growth vigor and yield related characteristics of some almond cultivars under Neyriz of Fars province conditions

Cultivar	رقم	قدرت رشد (سانتی‌مترمربع) Growth vigor (cm^2)	عملکرد میوه تازه (کیلوگرم بر درخت) Fresh fruit yield ($kg\ tree^{-1}$)	عملکرد میوه خشک (کیلوگرم بر درخت) Fruit in shell yield ($kg\ tree^{-1}$)	بازدهی تولید (کیلوگرم میوه خشک بر سانتی متر مربع) Production efficiency ($g\ fruit\ in\ shell\ cm^{-2}$)	وزن مغز (گرم) Kernel weight (g)	عملکرد مغز (%) Kernel yield (%)	بازدهی عملکرد مغز (گرم مغز بر سانتیمتر مربع) Kernel yield efficiency ($g\ kernel\ cm^{-2}$)
Aria	آریا	379	108	38	100.26	1.68	25.29	25.36
Bardia	بردیا	314	60	30	95.54	1.83	23.89	22.82
Zeighami	ضیغمی	283	51	25	88.34	1.98	28.22	24.93
Ferraduel	فرادوئل	254	41	15	59.05	1.36	24.44	14.43
Ferragnès	فرانیس	250	28	10	40.00	1.44	29.45	11.78
LSD (5%)		76.2	14.8	4.3	7.46	0.59	1.43	1.82

بیشترین عملکرد میوه خشک مربوط به رقم آریا (۳۸ کیلوگرم در درخت) و کمترین عملکرد آن در ارقام شاهد (با میانگین ۱۲/۵ کیلوگرم در درخت) بدست آمد. از نظر عملکرد میوه خشک ارقام جدید ثبت شده ارقام بردیا و ضیغمی حد واسط این دو گروه قرار داشتند (جدول ۴).

وزن و درصد مغز، از جمله مهمترین عوامل تعیین کننده کیفیت محصول بادام (Imani and Shamili, 2018) است. در ارقام مورد بررسی به ترتیب، بین ۱/۳۶ تا ۱/۹۸ گرم و بین ۲۳/۸۹ و ۲۹/۴۵ درصد متغیر بود (جدول ۴). وزن مغز ارقام ثبت شده (به طور متوسط ۱/۸۳ گرم) ۳۰ درصد بیشتر از وزن مغز ارقام شاهد (با میانگین ۱/۴۰ گرم) بود (جدول ۴). اما میانگین درصد مغز آنها به میزان ۱۲ درصد کمتر از درصد مغز رقم شاهد فرانیس بود. از طرف دیگر، درصد مغز رقم بردیا کمتر از ۲۵ درصد، در حد مورد قبول صنعت بادام‌کاری دنیا، بود (Socias i Company *et al.*, 2008).

با توجه به تشکیل میوه زیاد در ارقام جدید ثبت شده، میانگین بازدهی تولید آنها (۹۵ گرم میوه خشک در سانتیمتر مربع سطح مقطع عرضی تنه درخت) و عملکرد آنها (۲۴ گرم مغز در سانتیمتر مربع سطح مقطع عرضی تنه درخت) به ترتیب، ۹۱ درصد و ۸۶ درصد بیشتر از میانگین بازدهی تولید (۴۹ گرم میوه خشک در سانتیمتر مربع سطح مقطع عرضی تنه درخت) و عملکرد (۱۳ گرم مغز در سانتیمتر مربع سطح مقطع عرضی تنه درخت) ارقام شاهد در این منطقه بود. در میان ارقام جدید ثبت شده نیز آریا برتری معنی‌داری(جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است) از نظر بازدهی تولید و عملکرد نسبت به سایر ارقام داشت (جدول ۴). بنابراین، به نظر می‌رسد که توسعه رقم پررشد و پربار آریا در مناطقی که شرایط رشد مهیا باشد در فواصل کاشت بیشتر قابل توصیه باشد (Alonso Segura *et al.*, 2016).

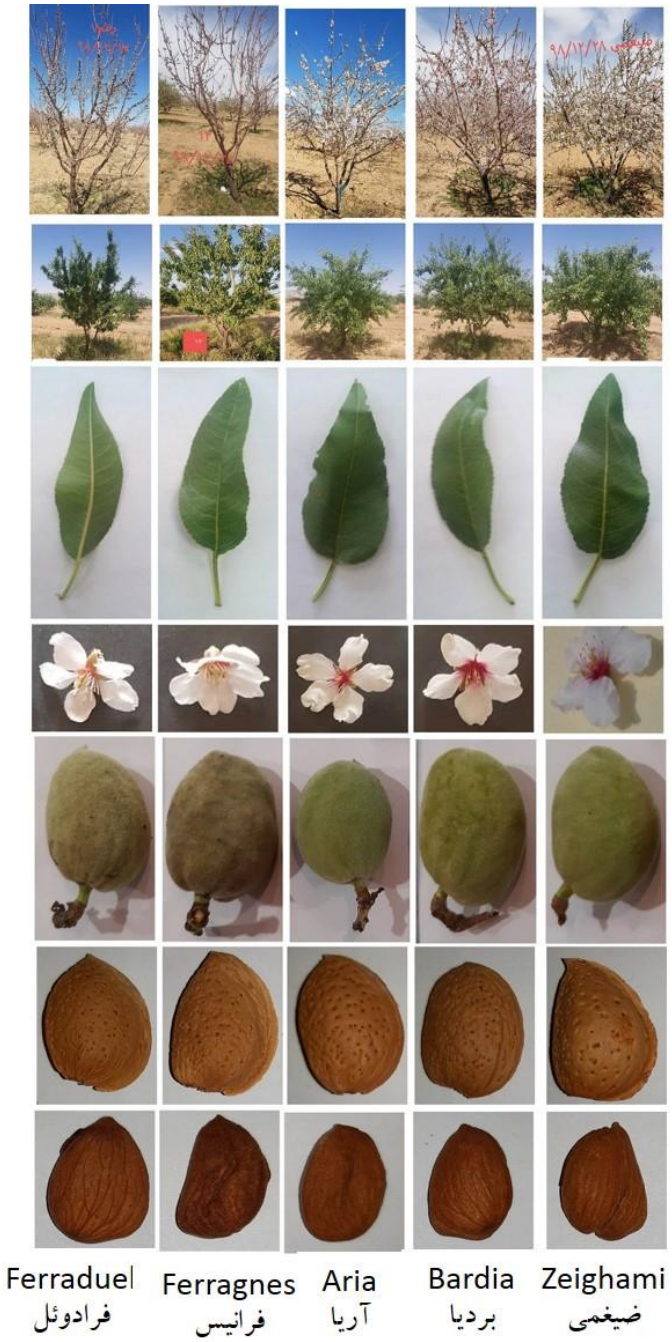
با توجه به بالا بودن بازدهی تولید و عملکرد و زودگلدهی این رقم، از آنجا که احتمال دارد در مناطق سرد دچار خسارت سرمای بهاره شود، برای مناطق معتدل گرم که خطر سرمای بهاره وجود ندارد می‌تواند به عنوان رقم تجاری کاندید معرفی شود. ضمن اینکه برتری رقم آریا نسبت به سایر ارقام از لحاظ مقاومت به آفت شپشک نخودی *Sphaerolecanium prunastri* (Fonscolombe) از مهمترین آفات بادام در منطقه نی‌ریز، مشهود بود. بهرحال، ارزیابی خود/دگرناسازگاری، شناسایی ارقام گرده‌زای سازگار، ارزیابی آستانه تحمل به آفات و بیماریهای شایع، و آنالیز کیفی ترکیبات مغز این ارقام در مناطق مختلف بادام خیز کشور توصیه می‌شود. برعکس، انواع دیرگلده مانند فرادوئل که نیاز سرمایی و گرمایی بالاتری دارد ممکن است در مناطق گرم با مشکل عدم تامین نیاز سرمایی مواجه شوند.

صفات مورفولوژیکی و پومولوژیکی

خصوصیات ریخت شناسی برای عادت رشد درخت، برگ، گل و میوه در ارقام بادام تغییراتی نشان داد (شکل ۱). ضریب تغییرات برای مجموعه خصوصیات مورد بررسی بین ۱۲ تا ۶۳ درصد متغیر بود و خصوصیات عادت رشد درخت، شکل جوانه گل، قطر گل، شدت رنگ سبز برگ، شکل جانبی میوه سبز، شکل و ضخامت میوه خشک، اندازه مغز و به‌خصوص صفات پومولوژیکی زمان شروع گلدهی و برداشت در بین ارقام مورد بررسی تغییرات قابل توجهی نشان دادند (جدول ۵).

تاج پوشش درختان ارقام جدید ثبت شده نسبت به ارقام تجاری گسترده‌تر بودند (شکل ۱). مطالعات مختلف روی ژنوتیپ‌های بومی بادام در ایران، افغانستان و صربستان حاکی از آن بود که فرم رشد این درختان اغلب به صورت باز است (Colic *et al.*, 2012; Zeinalabedini *et al.*, 2012; Giordani *et al.*, 2016). ترک‌خوردگی پوست تنه ارقام آریا و بردیا بیشتر از ارقام شاهد و ضیغمی بود (جدول ۵). ضخامت شاخه یکساله در ارقام فرادوئل و ضیغمی کمتر از ۳/۵ میلی‌متر، در بردیا بین ۳/۵ تا ۴/۳ میلی‌متر و در ارقام فرانیس و آریا بیشتر از ۴/۳ میلی‌متر بود (جدول ۵). کشیده‌تر بودن برگ ارقام شاهد نسبت به ارقام جدید ثبت شده مورد بررسی مشهود بود (شکل ۱ و جدول ۶). شدت رنگ سبز برگ آریا، بردیا و فرادوئل کمتر از فرانیس و ضیغمی بود (شکل ۱). طول دمبرگ طبق دامنه از پیش تعیین شده (Giordani *et al.*, 2016) در فرادوئل کوتاه و در بقیه ارقام متوسط بود (جدول ۶).

عادت میوه‌دهی در رقم آریا تنها روی اسپور و در سایر ارقام به صورت مختلط روی اسپور و شاخه‌های یکساله بود. تراکم اسپور، مهمترین عامل تعیین کننده عملکرد درختان بادام تابع شرایط محیطی نیست و صفتی وراثت پذیر محسوب می‌شود (Kodad, and Socias i Company, 2008). شکل جوانه گل در رقم ضیغمی مدور، در ارقام فرادوئل و آریا بیضوی و در ارقام فرانیس و بردیا مخروطی بود (جدول ۵). ارقام شاهد با کوچکترین قطر گل، ارقام آریا و ضیغمی با بزرگترین قطر گل و بردیا با قطر گل متوسط از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۱ و جدول ۵). گلبرگ در رقم فرادوئل و آریا به شکل بیضوی کشیده و در سایر موارد بیضوی پهن بود. ژنوتیپ‌های بادام افغانستان نیز غالبا دارای گلبرگ‌های بیضوی پهن سفیدرنگ هستند (Giordani *et al.*, 2016). رنگ سمت داخلی گلبرگ در ارقام ضیغمی سفید، در ارقام فرانیس، آریا و بردیا صورتی روشن و در رقم فرادوئل صورتی تیره بود (شکل ۱).



شکل ۱- تغییرات ریخت شناسی قدرت و عادت رشد درخت، برگ، گل و میوه برخی ارقام بادام

Fig. 1. Morphological variation in growth vigor and growth habit, leaves, bloom and fruits of some almond cultivars

جدول ۵- وضعیت تظاهر و آماره های توصیفی برای صفات فنوتیپی متمایز کننده برخی ارقام بادام

Table 5. State of expression and descriptive statistics for distinguishing phenotypic traits of some almond cultivars

Trait	صفت	State of expression	وضعیت تظاهر	میانگین ± انحراف معیار Mean ± SD	درصد ضریب تغییرات C.V. (%)
Tree growth vigor*	قدرت رشد درخت*	Weak (3); Medium (5); Strong (7)	ضعیف (۳)؛ متوسط (۵)؛ قوی (۷)	4.60 ± 1.67	33
Tree growth habit	عادت رشد درخت	Up-right (1); Up-right to spreading (2); Spreading (3); Drooping (4)	افراشته (۱)؛ افراشته تا گسترده (۲)؛ گسترده (۳)؛ رو به پایین (۴)	1.80 ± 0.84	46
Tree bark texture	بافت پوست درخت	Smooth (1); Moderately cracked (2) and Very cracked (3)	صاف (۱)؛ کمی ترک خورده (۲)؛ بسیار (۳) ترک خورده	2.40 ± 0.54	22
One-year-old shoot: thickness	ضخامت شاخه یکساله	Thin (3); Medium (5); Thick (7)	نازک (۳)؛ متوسط (۵)؛ ضخیم (۷)	4.00 ± 0.74	18
One-year-old shoot anthocyanin coloration	شدت رنگ قرمز شاخه یکساله	Very weak (1); Weak (3); Medium (5); Strong (7)	بسیار ضعیف (۱)؛ ضعیف (۳)؛ متوسط (۵)؛ زیاد (۷)	3.80 ± 1.09	29
Current shoot feathering	شاخه‌دار بودن شاخه سال جاری	Very weak (1); Weak (2); Medium (3); Strong (4); Very strong (5)	ضعیف (۱)؛ ضعیف (۲)؛ متوسط (۳)؛ زیاد (۴)؛ خیلی زیاد (۵)	2.20 ± 0.44	20
Density of foliage	تراکم شاخ و برگ	Sparse (3); Medium (5); Dense (7)	تنک (۳)؛ متوسط (۵)؛متراکم (۷)	6.20 ± 1.09	17
Distribution of flower buds*	توزیع جوانه‌های گل*	On spurs (1); Equally on spurs and one-year old shoots (2); On one-year old shoots (3)	روی اسپور (۱)؛ روی اسپور و شاخه یکساله برابر (۲)؛ روی شاخه های یکساله (۳)	1.80 ± 0.45	25
Leaf blade length*	طول پهنک برگ	Short (3); Medium (5); Long (7)	کوتاه (۳)؛ متوسط (۵)؛ طویل (۷)	5.00 ± 1.41	28
Leaf blade width*	عرض پهنک برگ	Narrow (3); Medium (5); Broad (7)	باریک (۳)؛ متوسط (۵)؛ عریض (۷)	5.00 ± 2.00	40
Leaf length/width ratio*	نسبت طول/عرض برگ*	Slightly (3), Moderately (5) and Very (7) Elongated	اندکی (۳)؛ تقریبا (۵)؛ بسیارطویل (۷)	5.40 ± 1.67	30
Leaf green color intensity *	شدت رنگ سبز برگ*	Light (3); Medium (5); Dark (7)	روشن (۳)؛ متوسط (۵)؛ تیره (۷)	4.20 ± 1.79	42
Petiole length	طول دمبرگ*	Short (3); Medium (5); Long (7)	کوتاه (۳)؛ متوسط (۵)؛ بلند (۷)	4.60 ± 0.9	19
Flower bud shape*	شکل جوانه گل*	Triangular(1); Ovate(2); Circular(3)	مثلثی (۱)؛ بیضوی (۲)؛ گرد (۳)	1.80 ± 0.8	46

Table 5. Continued.

ادامه جدول ۵-

Trait	صفت	State of expression	وضعیت تظاهر	میانگین ± انحراف معیار Mean ± SD	درصد ضریب تغییرات C.V. (%)
Pubescence of sepals	کرکدار بودن کاسبرگها	Very weak (1); Weak (2); Medium (3); Strong (4); Very strong (5)	خیلی ضعیف (۱)؛ ضعیف (۲)؛ متوسط (۳)؛ زیاد (۴)؛ خیلی زیاد (۵)	1.60 ± 0.55	34
Flower diameter*	قطر گل*	Small (3); Medium (5); Large (7)	کوچک (۳)؛ متوسط (۵)؛ بزرگ (۷)	5.00 ± 2.00	40
Petal shape*	شکل گلبرگ*	Narrow elliptic (1); Medium elliptic (2); Circular (3); Rhombic (4)	بیضوی باریک (۱) و متوسط (۲)؛ گرد (۳)؛ لوزی (۴)	1.60 ± 0.55	34
Petal inner side color*	رنگ داخل گلبرگ*	White (1); Light (2); Medium pink (3); Dark pink (4)	سفید (۱)؛ صورتی روشن (۲)؛ صورتی (۳)؛ صورتی تیره (۴)	2.00 ± 0.71	35
Petal undulation of margin*	مواج بودن حاشیه گلبرگ*	Absent or very weak (1); Weak (2); Medium (3); Strong (4); Very strong (5)	ضعیف (۱)؛ ضعیف (۲)؛ متوسط (۳)؛ زیاد (۴)؛ خیلی زیاد (۵)	2.60 ± 0.55	21
Number of stamens*	تعداد پرچم*	Few (1); Medium (2); Many (3)	کم (۱)؛ متوسط (۲)؛ زیاد (۳)	2.20 ± 0.44	20
Fruit size*	اندازه میوه*	Very small (1); Small (3); Medium (5);Large (7); Very large (9)	ریز (۱)؛ کوچک (۳)؛ متوسط (۵)؛ بزرگ (۷)؛ بسیار بزرگ (۹)	7.00 ± 1.41	14
Fruit lateral shape*	شکل جانبی میوه*	Ovate (1); Elliptic (2); Circular (3); Obovate (4)	بیضوی (۱)؛ تخم مرغی (۲)؛ گرد (۳)؛ به شکل تخم مرغ وارونه (۴)	1.4 0± 0.55	39
Fruit apex shape	شکل نوک میوه	Acute (1); Obtuse (2); Rounded (3)	تیز (۱) پهن (۲)؛ گرد (۳)	2.00 ± 0.71	35
Fruit pubescence	کرکداری میوه*	Sparse (3); Medium (5); Dense (7)	تنک (۱)؛ متوسط (۲)؛ متراکم (۳)	2.20 ± 0.83	37
Stone length*	طول هسته*	Short (3); Medium (5); Long (7)	کوتاه (۳)؛ متوسط (۵)؛ طویل (۷)	5.40 ± 1.67	31
Stone width*	عرض هسته*	Narrow (3); Medium (5); Broad (7)	کم (۳)؛ متوسط (۵)؛ پهن (۷)	5.00 ± 2.00	40
Stone length/width*	طول/عرض هسته	Compressed (1); Medium (2); Elongated (3)	فشرده (۱)؛ متوسط (۲)؛ باز (۳)	2.40 ± 0.89	37
Stone shape*	شکل هسته	Ovate (1); Elliptic (2); Circular (3); Obovate (4)	تخم مرغی (۱)؛ بیضوی (۲)؛ گرد (۳)؛ واژ به شکل تخم مرغ وارونه (۴)	1.60 ± 0.89	55
Stone apex shape*	*شکل نوک میوه خشک	Acute (1); Obtuse (2); Rounded (3)	تیز (۱)؛ پهن (۲)؛ گرد (۳)	1.40 ± 0.55	39
Thickness of endocarp*	*ضخامت اندوکارپ	Thin (1); Medium (2); Thick (3)	نازک (۱)؛ متوسط (۲)؛ ضخیم (۳)	2.00 ± 1.00	50
Stone keel development*	توسعه لبه اضافی هسته	Weak (3); Medium (5); Strong (7)	ضعیف (۳)؛ متوسط (۵)؛ زیاد (۷)	5.40 ± 1.67	31
Stone: resistance to cracking*	*مقاومت به ترک خوردگی هسته	Very weak (1); Weak (2); Medium (3); Strong (4); Very strong (5)	بسیار ضعیف (۱)؛ ضعیف (۲)؛ متوسط (۳)؛ زیاد (۴)؛ خیلی زیاد (۵)	4.60 ± 0.55	12
Kernel size*	*اندازه مغز	Very small (1); Small (3); Medium (5); Large (7); Very large (9)	ریز (۱)؛ کوچک (۳)؛ متوسط (۵)؛ بزرگ (۷)؛ بسیار بزرگ (۹)	4.20 ± 1.78	42
Kernel color intensity*	*شدت رنگ مغز	Light (1); Medium (2); Dark (3)	کم (۱)؛ متوسط (۲)؛ شدید (۳)	2.60 ± 0.54	21
Kernel surface rugosity*	*مواجی سطح مغز	Weak (3); Medium (5); Strong (7)	ضعیف (۳)؛ متوسط (۵)؛ زیاد (۷)	4.20 ± 1.09	26
Beginning of flowering*	*شروع گلدهی	Very early to very late (1 to 9)	خیلی زود تا خیلی دیر (۱ تا ۹)	5.80 ± 3.03	52
Time of harvest*	*زمان برداشت	Very early to very late (1 to 9)	خیلی زود تا خیلی دیر (۱ تا ۹)	4.20 ± 2.68	63

*صفات ستاره‌دار صفات کلیدی برای تمایز، یکنواختی و پایداری ارقام مختلف بادام بر اساس دستورالعمل UPOV می باشند (Anonymous, 2019).

*Traits with asterisk are key traits for distinctness, uniformity and stability for almond cultivars based on the UPOV guidance (Anonymous, 2019).

جدول ۶- میانگین صفات کمّی قسمت های مختلف درخت در برخی ارقام بادام

Table 6. Average of quantitative traits of different parts of almond tree of some almond cultivars

Trait	صفت	Cultivar رقم فرادوئل Ferraduel	 فرانیس Ferragnes	 آریا Aria	 بردیا Bardia	 ضیغمی Zeighami	LSD (5%)
One-year-old shoot thickness (mm)	ضخامت شاخه یکساله (میلیمتر)	3.6	3.3	4.9	5.2	4.6	0.58
Blade length (mm)	طول پهنک (میلیمتر)	3.4	4.8	4.7	3.8	3.4	0.51
Blade width (mm)	عرض پهنک (میلیمتر)	68.3	76.1	73.9	76.3	76.9	10.34
Leaf length: width ratio	نسبت طول به عرض پهنک	23.1	26.2	31.6	29.6	33.7	8.28
Petiole length (mm)	طول دمبرگ (میلیمتر)	2.97	2.9	2.4	2.6	2.3	0.34
Stone: Length (mm)	طول میوه خشک (میلیمتر)	14.9	17.5	17.6	18.8	17.5	1.15
Stone width (mm)	عرض میوه خشک (میلیمتر)	37.9	37.4	40.0	35.0	41.1	3.36
Stone length: width ratio	نسبت طول به عرض میوه خشک	25.1	24.6	26.2	28.4	28.6	1.69
Stone thickness (mm)	ضخامت میوه خشک (میلی متر)	1.5	1.5	1.5	1.2	1.4	0.19
Kernel size (mm^3)	اندازه مغز (میلی متر مکعب)	7.4	7.2	7.8	8.2	9.8	0.67
Double kernel (%)	درصد دوقلو شدن مغز	2.0	0.5	7.0	7.0	60.0	27.74

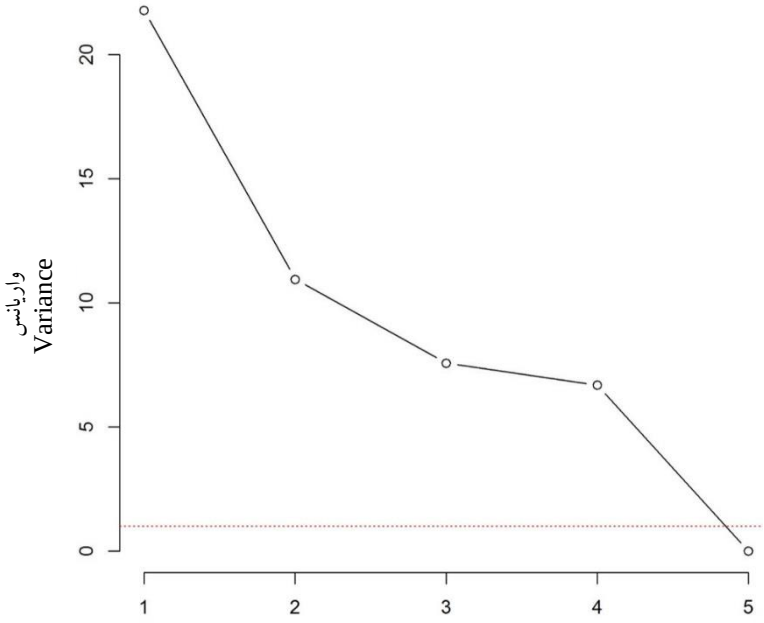
از نظر صفات مربوط به میوه سبز (شکل ۱ و جدول ۵)، اندازه میوه رقم بردیا بزرگترین، رقم فرادوئل کوچکترین، و ارقام آریا، بردیا و فرانیس حد واسط این دو بود. شکل میوه از منظر جانبی در ارقام فرادوئل، بردیا و ضیغمی تخم مرغی و در ارقام فرانیس و آریا بیضوی بود. نوک میوه ارقام شاهد فرادوئل و فرانیس به ترتیب، نوک تیز و نوک پهن و در ارقام جدید ثبت شده گرد بود. میوه ارقام شاهد با داشتن کرک متراکم، ارقام آریا و بردیا با داشتن کرک متوسط و رقم ضیغمی با اندک کرک از یکدیگر متمایز شدند. بر اساس دامنه از پیش تعیین شده، ارقام شاهد دیررس، آریا بسیار زودرس و بردیا و ضیغمی زودرس بودند (Giordani *et al*., 2016).

میوه خشک ارقام شاهد کشیده ترین، ارقام آریا و بردیا با کمترین کشیدگی و ضیغمی با کشیدگی حد واسط از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۱ و جدول ۶). دامنه طول و عرض میوه ارقام مورد بررسی به ترتیب، بین ۲۲ تا ۴۵/۳ سانتی‌متر و بین ۱۷ تا ۳۶/۲ سانتی‌متر بر آورد شد. شکل میوه خشک در ارقام فرادوئل، بردیا و ضیغمی تخم مرغی، در رقم فرانیس بیضوی و در رقم آریا مدور بود (شکل ۱). سایر مطالعات انجام شده در ایران و صربستان نشان داده اند که شکل میوه خشک اغلب ارقام/ژنوتیپ‌های بادام بیضوی است (Colic *et al*., 2012; Zeinalabedini *et al*., 2012). شکل نوک میوه خشک در ارقام شاهد و ضیغمی تیز و در ارقام آریا و بردیا پهن بود (شکل ۱).

میزان مقاومت به شکستگی که به عنوان ارزش افزوده محصول میوه خشک بادام به خصوص در برنامه‌های به نژادی بادام حائز اهمیت است در ارقام جدید ثبت شده مشابه ارقام شاهد و زیاد بود (Ledbetter, 2008). مطالعات قبلی حاکی از وجود رابطه خطی بین درجه سختی میوه خشک بادام با درصد مغز آن است که با یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر درصد مغز کمتر از ۳۰ درصد برای بادام‌های سنگی مطابقت دارد (Comas *et al*., 2019). توسعه لبه اضافی میوه خشک در رقم آریا ضعیف، در ارقام فرادوئل و ضیغمی متوسط و در ارقام فرانیس و بردیا زیاد بود (شکل ۱). رنگ اصلی مغز، صفت مهم در بازارپسندی بادام، در رقم بردیا قهوه‌ای روشن، در ارقام شاهد و آریا قرمز قهوه‌ای و در رقم ضیغمی قهره‌ای تیره بود. از لحاظ شدت رنگ قهوه‌ای مغز، ارقام آریا، بردیا و فرانیس متوسط و رقم فرادوئل و ضیغمی تیره رنگ گروه‌بندی شدند (شکل ۱ و جدول ۶).

تجزیه به عامل‌ها

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی داده های کمی نشان داد که چهار مؤلفه، هر یک با مقدار ویژه واریانس بیش از یک، در برگیرنده حدود ۱۰۰ درصد تغییرات صفات مختلف ارقام بادام بودند (شکل ۲). مؤلفه‌های یک تا چهار به ترتیب، ۴۷ درصد، ۲۳ درصد، ۱۶ درصد و ۱۳ درصد واریانس کل را توجیه کردند.



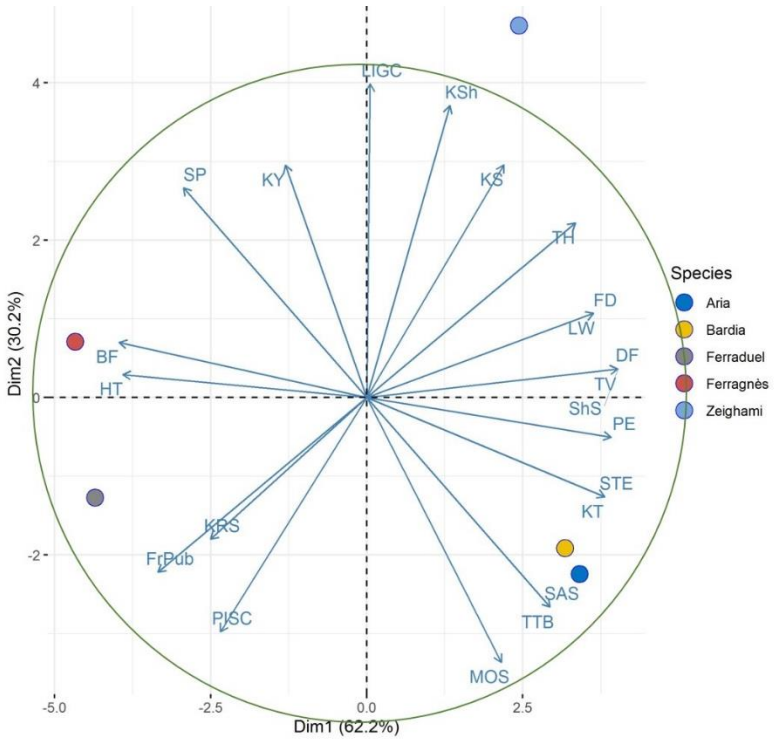
شکل ۲- مقدار واریانس پنج مؤلفه اصلی. خط نقطه چین نشان دهنده مقدار واریانس برابر با یک است

Fig. 2. The variance of five principal components. The dotted line represents the variance equals to one

با توجه به نمودار دو وجهی دو مولفه اصلی PC1 و PC2 برای ارقام بادام مورد مطالعه (شکل ۳)، عامل اول با مقدار ویژه ۱۵/۶۷ همبستگی مثبت و بالایی (R^2 > ۰/۷۰) با قدرت و عادت رشد درخت، بافت پوست درخت، تراکم شاخ و برگ، طول و عرض برگ، قطر گل، کرکدار بودن میوه سبز، ضخامت و عرض میوه خشک، شدت رنگ و درصد دوقلویی مغز و بازدهی تولید و عملکرد، و همبستگی منفی و معنی‌داری با زمان شروع گلدهی و برداشت داشت (شکل ۳). عامل دوم با مقدار ویژه ۶/۴۰ در برگیرنده ویژگی‌های نحوه توزیع جوانه‌های گل، شاخه‌دار بودن شاخه سال جاری، شدت رنگ سبز برگ، شکل میوه خشک و اندازه مغز بود. با در نظر گرفتن ویژگی‌های قرار گرفته در این دو مولفه، در مجموع تا ۷۰ درصد از سهم کل واریانس توضیح داده شد (شکل ۳).

بیست و دو صفتی که سهم آنها از کل واریانس مولفه‌های اصلی یک و دو بیشتر از میانگین سهم واریانس همه ویژگی‌های مورد بررسی (۲/۱۲) است و در تمایز ارقام مورد بررسی بیشترین اهمیت را دارند عبارتند از ضخامت میوه خشک و مغز، زمان گلدهی و برداشت، بافت پوست درخت، کرکدار بودن کاسبرگ جوانه گل، شکل نوک میوه خشک، درصد دو قلویی مغز، تراکم شاخ و برگ، مواجی حاشیه گلبرگ، سختی میوه خشک، قدرت رشد درخت، کرکدار بودن میوه سبز، عادت رشد درخت، شکل مغز،

شدت رنگ سبز برگ، عملکرد میوه خشک، بازدهی عملکرد مغز، اندازه مغز، عرض میوه خشک و بازدهی عملکرد (شکل ۴). نتایج پروژه حاضر در خصوص امکان تمایز ارقام بادام با استفاده از عملکرد و خصوصیات میوه خشک و مغز بادام با یافته‌های سایر محققان مطابقت دارد (De Giorgio and Polignano, 2001; Rasouli *et al*., 2012).

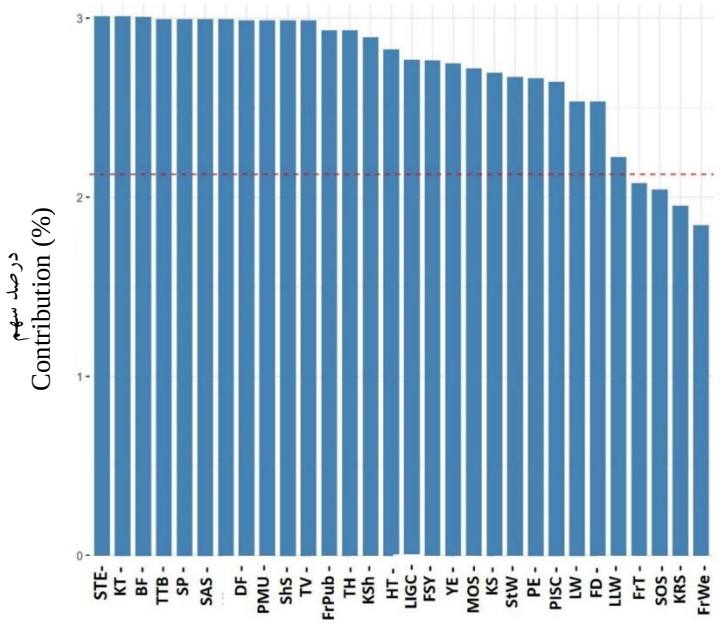


شکل ۳- نمودار دو وجهی دو مولفه اصلی در برخی ارقام بادام بر اساس صفات مورفولوژیکی و پومولوژیکی

TV: قدرت رشددرخت؛ TH: عادت رشد درخت؛ TTB: بافت پوست درخت؛ FD: تراکم شاخ و برگ؛ DF: توزیع جوانه گل؛ LW: عرض برگ؛ LIGC: شدت رنگ سبز برگ؛ SP: کرکدار بودن کاسبرگها؛ PISC: رنگ قسمت داخلی گلبرگ؛ FrPub: کرکدار بودن میوه؛ SAS: شکل نوک هسته؛ MOS: تزئینات روی پوسته؛ STE: ضخامت اندوکارپ؛ SS: نرمی هسته؛ KS: اندازه مغز؛ KSh: شکل مغز؛ KT: ضخامت مغز؛ KRS: ناهمواری سطح مغز؛ BF: شروع گلدهی؛ HT: زمان برداشت؛ KY: عملکرد؛ PE: بازدهی تولید؛ مغز.

Fig. 3. Two-dimensional diagram of two main components PC1 and PC2 for some studied almond cultivars based on morphological and pomological traits

TV: Tree growth vigor; TH: Tree growth habit; TTB: Tree bark texture; DF: Density of foliage; FD: Distribution of flower buds; LW: Leaf width; LIGC: Leaf green color intensity; SP: Pubescence of sepals; PS: Petal shape; PISC: Petal inner side color; FS: Fruit size; FSh: Fruit shape; SFA: Shape of fruit apex; FrPub: Fruit pubescence; SAS: Stone apex shape; MOS: Marking of outer shell; STE: Stone thickness of endocarp; SS: Softness of shell; KS: Kernel size; KSh: Kernel shape; KT: kernel thickness; KRS: Kernel rugosity of surface; BF: Beginning of flowering; HT: Harvest time; KY: Kernel yield; PE: Production efficiency



شکل ۴- سهم واریانس ویژگی‌های مورفولوژیکی و پومولوژیکی ارقام بادام از دو مولفه اصلی. نقطه چین قرمز رنگ نشان دهنده میانگین سهم واریانس همه ویژگی ها و برابر با ۲/۱۲ درصد است

STE: ضخامت اندوکارپ؛ KT: ضخامت مغز؛ BF: شروع گلدهی؛ TTB : بافت پوست درخت؛SP: کرکدار بودن کاسبرگها؛ SAS: شکل نوک هسته؛SKD: توسعه لبه هسته؛ DF: توزیع جوانه گل؛ PMU: مواجی حاشیه گلبرگ؛ ShS: نرمی هسته؛TV : قدرت رشد درخت؛ FrPub: کرکدار بودن میوه؛ TH: عادت رشد درخت؛ KSh: شکل مغز؛LIGC: شدت رنگ سبز برگ؛ FSY: عملکرد میوه با پوست؛ YE: بازدهی عملکرد؛ MOS: تزئینات روی پوسته؛ KS: اندازه مغز؛ StW: عرض هسته؛ PE: بازدهی تولید؛ PISC: رنگ قسمت داخلی گلبرگ؛ LW: عرض برگ؛ FD: تراکم شاخ و برگ؛ LLW: نسبت طول به عرض برگ؛ FrT: ضخامت میوه؛ SOS : باز شدن پوسته هسته؛ KRS: ناهمواری سطح مغز؛ FrWe: وزن میوه.

Fig. 4. Variance contributions (%) of some morphological and pomological traits of almond cultivars to two main components. The red dotted line shows the average contributions of different traits and equals to 2.12%

STE: Endocarp thickness; KT: Kernel thickness; BF: Beginning of flowering; TTB: Tree bark texture; SP: Pubescence of sepals; SAS: Stone apex shape; SKD: Stone keel development; DF: Distribution of flower buds; PMU: Petal undulation of margin; SS: Shell softness; TV: Tree growth vigor; FrPub: Fruit pubescence; TH: Tree growth habit; KSh: Kernel shape; LIGC: Leaf green color intensity; FSY: Shelled fruit yield; YE: Yield efficiency; KS: Kernel size; StW: Stone width; PE: Production efficiency; PISC: Petal inner side color; LW: Leaf width; DF: Foliage density; LLW: Leaf length: width ratio; FrT: Fruit thickness; SOS: Suture opening of shell; KRS: Kernel rugosity; FrWe: Fruit weight.

بر اساس موقعیت و میزان مشابهت ارقام بادام مورد مطالعه توزیع شده روی نمودار دو وجهی (شکل ۳)، چهار گروه از ارقام بادام قابل تشخیص است: ارقام شاهد فرانسوی با مقادیر منفی مولفه اصلی اول (به ترتیب ۴/۹۰- و ۴/۱۱-) اما ارقام فرانیس و فرادوئل به ترتیب دارای مقادیر مثبت و منفی مولفه اصلی دوم (به ترتیب، ۰/۵۶- و ۰/۴۱) بودند. ارقام آریا و بردیا هر دو دارای مقادیر مثبت مولفه اصلی اول (به ترتیب ۲/۱۵ و ۲/۵۶) و مقادیر منفی مولفه اصلی دوم (به ترتیب، ۰/۵۸- و ۴/۲۴-)

بودند و در یک گروه قرار گرفتند. رقم ضیغمی به صورت متمایز از سایرین دارای مقدار مثبت مولفه اصلی اول (۴/۳۰) و دوم (۳/۸۴) بود. با در نظر گرفتن روند منفی تا مثبت مقادیر اولین مولفه اصلی در نمودار دو وجهی (شکل ۳)، بیشترین مقدار مولفه اول به ترتیب مربوط به ارقام جدید ثبت شده آریا، ضیغمی و بردیا بود. درحالیکه مقدار این مولفه برای ارقام شاهد کمتر و منفی بود. ارقام جدید ثبت شده در مقایسه با ارقام شاهد از نظر قدرت رشد دخت، تراکم شاخ و برگ، وزن میوه سبز، خشک و مغز و بازدهی تولید و عملکرد برتر بودند. بین زمان گلدهی و برداشت با قدرت رشد، و بازدهی تولید و عملکرد همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت (شکل ۳).

نتایج این پروژه حاکی از برتری رقم بادام اخیرا ثبت شده آریا نسبت به ارقام شاهد فرانیس و فرادوئل و دو رقم جدید ثبت شده دیگر به‌نام‌های بردیا و ضیغمی از لحاظ قدرت رشد درخت، بازدهی تولید و عملکرد در منطقه نی‌ریز در استان فارس بود. رقم ضیغمی هر چند وزن و درصد مغز و بازدهی تولید و عملکرد قابل توجهی داشت اما درصد دوقلویی مغز بالای ۶۰ درصد در محصول آن مشاهده شد. رقم جدید ثبت شده بردیا نیز درصد مغز کمتر از ۲۵ درصد داشت. زمان گلدهی این ارقام حدود دو هفته زودتر از ارقام شاهد مورد بررسی بود، هرچند که طی سه سال آزمایش در زمان گلدهی خسارت سرمازدگی در هیچ یک از ارقام رخ نداد.

بین ارقام با بیشترین (فرادوئل) و کمترین نیاز سرمایی (آریا) ۱۵ روز تفاوت در تامین نیاز سرمایی وجود داشت. بیشترین نیاز گرمایی در رقم فرانیس و کمترین آن در ارقام آریا و بردیا بود. با توجه به مجموع صفات می‌توان رقم آریا را به عنوان رقم تجاری کاندید کشت در مناطق عاری از خطر سرمای بهاره مدّنظر قرار داد. وجود تغییرات فنوتیپی بین ارقام جدید ثبت شده بادام با ارقام شاهد از نظر صفات مورفولوژیکی و پومولوژیکی بارز بود. بنابراین، می‌توان با در نظر گرفتن اهداف برنامه های به نژادی بادام ازاین ارقام استفده کرد. مهمترین صفات متمایزکننده ارقام بادام مورد مطالعه شامل: عملکرد و خصوصیات میوه خشک و مغز، زمان گلدهی و برداشت، بافت پوست و قدرت رشد درخت بودند.

سپاسگزاری

این پروژه با حمایت مالی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در قالب پروژه مصوب شماره ۹۸۱۲۰۱-۰۳۳-۰۸-۰۸-۲ مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال انجام شد. نگارندگان از همکاری جناب آقای بهرام ضیغمی صاحب امتیاز ارقام جدید ثبت شده بادام برای فراهم کردن امکانات ارزیابی ارقام سپاسگزاری می کنند.

عدم تعارض منافع

نگارندگان اعلام می‌کنند که هیچگونه تعارض منافعی ندارند.

References

Anonymous, 2019. Protocol for tests on distinctness, uniformity and stability *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb. Document TG/56/4 Corr. Rev, UPOV, Geneva. 31 pp.

Anonymous, 2023a. FAO Statistical Data. Available on: www.faostat.org

Anonymous, 2023b. Statistical Year Book of Agricultural Crops. Third Volume: Orchard, Mushroom and Greenhouse Crops. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian). 400 pp.

Alonso Segura, J.M., Ansón, J.M., Espiau, M.T. and Socias i Company, R. 2005. Determination of endodormancy break in almond flower buds by a correlation model using the average temperature of different day intervals and its application to the estimation of chill and heat requirements and blooming date. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 130*(3), pp.308–318. DOI: 10.21273/JASHS.130.3.308

Alonso Segura, J.M., Socias i Company, R., Kodad, O., Espada, J.L., Andreu Lahoz, J. and Escartín Santolaria, J. 2016. Performance of the CITA almond releases and some elite breeding selections. Pp. 33-36. In: Proceedings of Meeting on Almonds and Pistachios, Zaragoza, Spain.

Arroyo, F.T., Herencia, J.F. and Capote, N. 2022. Phenology, growth, and yield of almond cultivars under organic and conventional management in southwestern Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research, 20*(3), pp.1-14. DOI: 10.5424/sjar/2022203-18828

Biabani, J., Mohammadkhani, A. and Fattahi, M. 2023. Investigation of phenology and estimation of flower buds chill and heat requirements of some commercial almond cultivars using different models. *Journal of Crops Improvement, 25*(3), pp.825-838. (In Persian). DOI: 10.22059/jci.2023.341628.2699

Casas, A.P., Salas-Huetos, A. and Salas-Salvadó, J. 2011. Mediterranean nuts: Origins, ancient medicinal benefits and symbolism. *Public Health Nutrition, 14*, pp.2296–2301. DOI: 10.1017/S1368980011002540

Colic, S., **Rakajoc, V., Zec, G., Nikilic, D. and Aksic, M.F. 2012.** Morphological and biochemical evaluation of selected almond (*Prunus dulcis*) genotypes in northern Serbia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36*, pp.429–438. DOI: 10.3906/tar-1103-50.

Comas, F.J., Socias i Company, R. and Alonso Segura, J.M. 2019. Shell hardness in

almond: Cracking load and kernel percentage. *Scientia Horticulturae, 245*, pp.7-11. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.09.075.

De Giorgio, D. and Polignano, G.B. 2001. Evaluating the biodiversity of almond from a germplasm collection field in southern Italy. Pp.305-311. In: Proceedings of 10th International Soil Conservation Organization Meeting, Indiana, USA.

Egea, J., Ortega E., Martinez-Gomez, P. and Dicenta, F. 2003. Chilling and heat requirements of almond cultivars for flowering. *Environmental and Experimental Botany, 50*, pp.79-85. DOI: 10.1016/S0098-8472(03)00002-9

Fernandez, F., Whitney, C., Luedeling, E. 2020. The importance of chill model selection - a multi-site analysis. *European Journal of Agronomy, 119*, 126103. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126103

Freitas, T.R., Santos, J.A., Silva, A.P. and Fraga, H. 2023. Reviewing the adverse climate change impacts and adaptation measures on almond trees (*Prunus dulcis*). *Agriculture, 13*, 1423. DOI: 10.3390/agriculture13071423

Giordani E., Berti M. and Rauf Yaqubi, M. 2016. Phenotypic characterization of almond accessions collected in Afghanistan. *Advances in Horticultural Science, 30*(4), pp.207-216. DOI: 10.13128/ahs-20346

Ghasemi-Soloklui, A.A., Kordrostami, M. and Gharaghani, A. 2023. Environmental and geographical conditions influence color, physical properties, and physiochemical composition of pomegranate fruits. *Scientific Reports, 13*, pp.15447. DOI: 10.1038/s41598-023-42749-z

Guillamón, J.G., Egea, J., Mañas, F., Egea, J.A. and Dicenta, F. 2022. Risk of extreme early frosts in almond. *Horticulturae, 8*, 687. DOI: 10.3390/horticulturae8080687

Imani, A. and Shamili, M. 2018. Phenology and pomology of almond's cultivars and genotypes using multivariate analysis. *Advances in Horticultural Science, 32*(1), pp.27-32. DOI: 10.13128/ahs-21157

Kodad, O. and Socias i Company, R. 2008. Significance of flower bud density for cultivar evaluation in almond. *HortScience, 46*(3), pp.1753-1758. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.6.1753

Khadivi-Khub, A. and Etemadi-Khah, A. 2014. Phenotypic diversity and relationships between morphological traits in selected almond (*Prunus amygdalus*) germplasm. *Agroforest Systems, 89*, pp.205–216. DOI: 10.1007/s10457-014-9754-x

Lansari, A., Lezzoni A.F. and Kester, D.E. 1994. Morphological variation within collections of Moroccan almond clones and Mediterranean and North American cultivation. *Euphytica, 78*, pp.27-41. DOI: 10.1007/BF00021395

Ledbetter, C.A. 2008. Shell cracking strength in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] D.A. Webb) and its implication in uses as a value added product. *Bioresource Technology, 99*, pp.5567-5573. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.10.059

Luedeling, E. 2020. Future chill risk assessment using chillR. *Acta Horticulturae, 1280*, pp. 225-232. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1280.31

Rahmati, M., Davarynejad, G.H., Génard, M., Bannayan, M., Azizi, M. and Vercambre, G. 2015. Peach water relations, gas exchange, growth and shoot mortality under water deficit in semi-arid weather conditions. *PLOS ONE*, *10*(4), e0120246. DOI: 10.1371/journal.pone.0120246

Rasouli, M., Fattahi Moghadam, M.R., Zamani, Z., Imani, A. and 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), pp.357-370. DOI: 10.22059/IJHS.2012.29371

Sorkheh, K., Shiran, B., Rouhi, V., Asadi, E., Jahanbazi, H., Moradi, H., Gradziel, T.M. and Martinez-Gomez, P. 2009. Phenotypic diversity within native Iranian almond (*Prunus* spp.) species and their breeding potential. *Genetic Resources and Crop Evolution, 56*, pp.947–961. DOI: 10.1007/s10722-009-9413-7

Sorkheh, K., Shiran, B., Khodambashi, M., Moradi, H., Gradziel, T.M. and Martinez-Gomez, P. 2010. Correlations between quantitative tree and fruit almond traits and their implications for breeding. *Scientia Horticulturae, 125*, pp.323–331. DOI: 10.1016/j.scienta.2010.04.014

Socias i Company, R., Kodad, O., Alonso, J.M. and Gradziel, T.M. 2008. Almond quality: A breeding perspective. Pp. 197–238. In: Janick, J. (ed.) *Horticultural Reviews, Volume 34*. John Wiley and Sons, USA.

Zeinalabedini, M., Sohrabi, S., Nikoumanesh, K., Imani, A. and Mardi, M. 2012. Phenotypic and molecular variability and genetic structure of Iranian almond cultivars. *Plant Systematics and Evolution*, *298*(1), pp.1917-1929. DOI: 10.1007/s00606-012-0691-8

RESEARCH ARTICLE

Evaluation of Morphological Characteristics, Growth Vigor and Yield of Some Almond Cultivars under Environmental Conditions of Neyriz of Fars Province in Iran

M. Rahmati[1*], A. Kavand[2] and Gh. Golkar[3]

1. **Assistant Professor, Seed and Plant Certification and Registration Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.**
2. **Researcher, Seed and Plant Certification and Registration Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.**
3. **Research Officer, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shiraz, Iran.**

ABSTRACT

Rahmati, M., Kavand, A. and Golkar, Gh. 2023. Evaluation of morphological characteristics, growth vigor and yield of some almond cultivars under environmental conditions of Neyriz of Fars province in Iran**.** *Seed and Plant*, *39*, pp.225-251 (In Persian).

Considering the adverse effect of changing climate, it is necssary to introduce new commercial high-yielding and marketable almond cultivars with different chilling and heat requirements, flowering time, which can adapt to various regions. Therefore, almond trees of three recently registered cultivars named; Aria, Bardia and Zeighami and two control cultivars grafted on bitter almond seedlings were compared using randomized complete block design with five replications from 2018-21 in an almond orchard in Neyriz of Fars province in Iran. Chilling and heat requirements, tree growth vigor, yield related traits, and relationships between different pomological and morphological characteristics were measured and evaluated. The results showed that cv. Aria was superior to the other cultivars due to its higher trunk cross-sectional area (TCSA) (325 cm^2) and production and yield efficiency (100.26 g nut and 25.36 g kernel per cm^2 TCSA). The proportion of double kernels and kernels in the Zeighami and Bardia cultivars, respectively, was below the standard classification for almonds. Cv. Aria and cv. Bardia had the lowest chilling requirements (296 CU) and cv. Ferraduel the highest (515 CU). The heat requirement of the newly registered almond cultivars was also lower than control cultivars. Aria and Bardia cultivars flowered two weeks earlier than control cultivars. In conclusion, cv. Aria is a suitable commercial almond cultivar for being grown in regions with no of spring frost risk.

Keywords: Almond, Distinctness, Dry fruit yield, Kernel yield, Production efficiency.

Introduction

There is a need to introduce adapted temperate fruit trees to mitigate the adverse effects

of climate change, especially in Iran. In addition, the improvement of genetic diversity in orchards through the identification and registration of new commercial cultivars of horticultural products is the most important platform for the protection of the germplasm of these valuable plants. Nowadays, almond breeding programs focus on the identification and introduction of high-yielding and marketable cultivars with low chilling requirements that can be adapted to regions with mild winters (Alonso Segura *et al*., 2005).

Understanding the relationship between quantitative pomological and morphological traits with kernel yield and production efficiency is also important in almond breeding programs. This research aimed to evaluate morphological and pomological characteristics, tree growth vigor and yield of three recently registered and two commercial almond cultivars under environmental conditions of Neyriz of Fars province in Iran.

Materials and Methods

Three recently registered cultivars named; Aria, Bardia and Zeighami and two control cultivars; Ferraduel and Ferragnese, were studied in using randomized complete block design with five replications from 2018-21 in an almond orchard in Neyriz of Fars province in Iran. The chilling requirement was calculated using the Utah model as chilling unit (CU) as well as the Positive Utah model as positive chilling unit (PCU). Heat requirement was calculated as growing degree hours (GDH).

Tree growth vigor at the end of the growing season was evaluated by measuring the circumference of the trunk at a height of 20 cm above the graft. The trunk cross-sectional area (TCSA) was calculated as an estimate of the tree growth vigor. Production efficiency (PE) was estimated as in-shell almond production normalized to TCSA. Yield efficiency (YE) was calculated as kernel production per tree normalized to TCSA. Kernel yield is the proportion of kernels by weight of the total nut.

The cultivars were evaluated based on 46 morphological and pomological characteristics included in the UPOV Guidelines for the Distinctness, Uniformity and Stability (DUS) tests for Almond (Anonymous, 2019). The expression of quantitative characteristics were evaluated based on determined ranges (Giordani *et al.*, 2016). The most important traits for grouping of the cultivars were identified using principal component analysis.

Results and Discussion

The results of this research showed the superiority of the recently registered almond cv. Aria as compared to check cultivars; Ferragnese and Ferraduel and two other newly registered cultivars; Bardia and Zeighami considering tree growth vigor (TV), production efficiency (PE), yield efficiency (YE) and kernel yield (KY) in the Neyriz region. Although the kernel weight (KW), yield and production efficiency of cv. Zeighami were high, double kernel (%) of over 60% was undesirable traits of this cultivar. The recently registered cv. Bardia also had kernel yield of less than 25%. The

flowering time of the recently registered cultivars was about two weeks earlier than that of the check cultivars, although none of the studied almond cultivars suffered frost damage during flowering in 2018-21.

Among almond cultivars with the highest (cv. Ferraduel) and the lowest cold requirement (cv. Aria), there was 15 days difference in the estimation of chill accumulation. The highest heat requirement was found for cv. Ferragnese and the lowest for cv. Aria and cv. Bardia. Based on the all studied traits, cv. Aria can be considered as suitable commercial almond cultivar for being grown in areas where there is no risk of spring frost (Alonso Segura *et al.,* 2005). Principal component analysis of pomological, morphological traits and yield related traits resulted in four principal components, with only two principal components PC1 and PC2 accounting for 70% of the total observed variance.

The most important traits of almond cultivars were; harvest time, resistance to nut cracking, foliage density, the degree of undulation of petal margins, the intensity of the brown color of the kernel, the time of beginning of flowering, the tree growth vigor, the length and width of the leaf blade, flower diameter, stone endocarp thickness, the tree growth habit, the degree of fruit pubescence, yield efficiency and production efficiency. Almond cultivars were classified in four groups using all traits on the two-dimensional diagram of two main components. In conclusion, cv. Aria is a suitable commercial almond cultivar for being grown in regions with no spring frost risk. The results of this research can be used for establishment of almond orchards in regions with similar environmental conditions as Neyriz of Fars province in Iran as we as in national almond breeding programs.

References

Anonymous, 2019. Protocol for tests on distinctness, uniformity and stability *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb. Document TG/56/4 Corr. Rev, UPOV, Geneva 31 pp.

Alonso Segura, J.M., Ansón, J.M., Espiau, M.T. and Socias i Company, R. 2005. Determination of endodormancy break in almond flower buds by a correlation model using the average temperature of different day intervals and its application to the estimation of chill and heat requirements and blooming date. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 130*(3), pp.308–318. DOI: 10.21273/JASHS.130.3.308

Giordani E., Berti M. and Rauf Yaqubi, M. 2016. Phenotypic characterization of almond accessions collected in Afghanistan. *Advances in Horticultural Science, 30*(4), pp.207-216. DOI: 10.13128/ahs-20346

*Corresponding author: m.rahmati@areeo.ac.ir Tel.: +982632754071

Received: 08 April 2023
Accepted: 18 June 2023