Journal of Vegetables Sciences, Autumn & Winter 2024, Vol 7, No 14(2), Pages 42-58

doi: 10.22034/IUVS.2023.1982614.1259 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Evaluation of Interactions of Quantitative Traits on Performance of Cucumber Cultivars in Intercropping with Okra

Hossein Tajik Khademi[1], Mohsen Khodadadi[2*], Davoud Hassanpanah[3], Raheleh Ebrahimi[4] and Ramin Hajianfar[5]

1- Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences and Agronomy, Faculty of Agriculture, Sciences and Researches Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Vegetable Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Karaj, Iran
3- Associate Professor, Horticultural Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Centre, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Ardabil, Iran
4- Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences and Agronomy, Faculty of Agriculture, Sciences and Researches Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
5- Assistant Professor, Vegetable Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Karaj, Iran

[*]**Corresponding author:** kodadadi@yahoo.com

(**Received:** 16 December 2022 **Revise:** 02 September 2023 **Accepted:** 03 September 2023)

Extended Abstract

1. **Introduction:** The practice of intercropping (mixed cropping) may represent a promising sustainable solution to improve crop production from small parcel of land. Intercropping, a technique of growing two or more crops simultaneously in the same field, is an agro-ecological practice for sustainable crop intensification. Intercropping ensures efficient utilization of light and other resources, reduces soil erosion, suppresses weed growth, and thereby helps to maintain greater stability in crop yields. It also guarantees greater land occupancy and thereby higher net returns. Although many researches have evaluated the effects of intercropping of common fruit vegetable crops like cucumber (*Cucumis sativus*), there is still paucity of information on this. From a practical point of view, information on cucumber and okra (*Esculentus abelmoschus*) intercropping is not available. Okra and cucumber are among the important fruit vegetables, and therefore conducting research on their intercropping is important to achieve a better understanding of interactions of the mixed cultivation of these two plants. The objectives of this research were finding the best cucumber cultivars in mixed cultivation with okra in terms of qualitative and quantitative traits, investigating the correlation between traits in mixed crops, and comparing the mixed crops in different years and selection of the most beneficial cultivation.
2. **Materials and Methods:** In order to investigate the relationship between yield and its components and to select the best mixed crop of okra and cucumber in terms of quantitative and qualitative traits, an experiment was conducted based on randomized complete blocks design with three replications at greenhouse condition under the supervision of the Research Institute of Horticultural Sciences of Varamin, Iran, during two years (2020-2021). Ten cucumber cultivars including ‘Viola’, ‘Mirsoltan’, ‘Mito’, ‘Emilie’, ‘CUB-9042’, ‘FC-21’, ‘CUB-9045’, ‘FC-27’, ‘NAGIN’, ‘NEGIN’ mixed with okra cultivar ‘Baker’ were used in this study. The evaluated traits were fresh weight of fruit in each node, plant height, stem diameter, fresh yield of fruit, dry yield of fruit, number of internode, fruit diameter, fruit length, fruit number and leaf chlorophyll content.
3. **Results and Discussion:** The results of combined analysis of variance showed that there was a significant difference between intercrops in terms of evaluated traits. The interaction of year and intercropping was also significant on all traits except stem diameter. Results of mean comparison based on Duncan’s test showed that cultivation of okra with greenhouse cucumber cultivars including ‘Viola’, ‘Fc-21’ and ‘Emilie’ are suitable intercrops based on fruit weight in each node, plant height, stem diameter, fresh yield of fruit, dry yield of fruit, internode number, fruit diameter, fruit length, fruit number, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll content. Based on results of the evaluation of intercrops using a multifaceted view during experimental years, mixed cultivation of okra and greenhouse cucumber cultivars including ‘Viola’ and ‘Emilie’ were selected as desirable intercrops. Correlation analysis results showed that there was a positive correlation between the characteristics of fresh and dry yield of fruit and chlorophyll a content, fruit number, fruit length, stem diameter, plant height and fruit diameter and internode number and chlorophyll b content. According to principal components analysis the first four components justified the main part of variation. According to the ratio of land equality (LER), cultivation

of okra with cucumber cultivars including ‘Mirsoltan’, ‘Emilie’, ‘CUB-9042’, ‘CUB-9045’ were the most profitable intercrops. Based on several studies, intercropping will lead to better and more efficient use of environmental resources by plants. This technique can considerably reduce weed growth and distribution in agricultural fields. There are several reports on promising results of intercropping in different horticultural crops with improved qualitative characteristics and higher yield performance.

4. **Conclusion:** In conclusion, the results showed that cultivation of okra (cv. ‘Baker’) with the greenhouse cucumber cultivars including ‘Mirsoltan’, ‘Viola’ and ‘Emilie’ could be considered as desirable intercrops. Also, intercropping okra with cucumber had higher desirability than pure cultivation of okra in terms of yield and some of most important quantitative characteristics.

Keywords: Cucumber, Interaction, Intercropping, Okra, Quantitative traits

Citation: Tajik Khademi, H., Khodadadi, M., Hassanpanah, D., Ebrahimi, R. & Hajianfar, R. (2024). Evaluation of interactions of quantitative traits on performance of cucumber cultivars in intercropping with okra. *Journal of Vegetables Sciences*, 14(2), 42-58. doi: 10.22034/IUVS.2023.1982614.1259

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال ۷، دوره ۱۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، صفحات (۵۸-۴۲)

دانشگاه ایلام شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/IUVS.2023.1982614.1259

ارزیابی اثرات متقابل صفات کمی بر عملکرد ارقام خیار در کشت مخلوط با بامیه

حسین تاجیک خادمی[۱]، محسن خدادادی[۲*]، داود حسن پناه[۳]، راهله ابراهیمی[۴] و رامین حاجیان‌فر[۵]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی و زراعی، دانشکده کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- دانشیار، پژوهشکده سبزی و صیفی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- دانشیار، گروه تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

۴- استادیار، گروه علوم باغبانی و زراعی، دانشکده کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۵- استادیار، پژوهشکده سبزی و صیفی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*نویسنده مسئول: kodadadi@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۲)

چکیده

به‌منظور بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن و انتخاب بهترین کشت مخلوط بامیه با خیار از نظر صفات کمی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط گلخانه‌ای با سه تکرار انجام گرفت. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که بین صفات از لحاظ تیمار کشت مخلوط و اثر متقابل صفات، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بر اساس صفات وزن میوه در هر بند، ارتفاع بوته، قطر ساقه، عملکرد تر و خشک میوه، تعداد میان‌گره، قطر، طول، تعداد، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل میوه، کشت بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم‌های 'Viola'، 'Fc-21' و 'Emilie' به‌عنوان کشت مخلوط مناسب می‌باشد. نتایج بررسی کشت‌های مخلوط از نظر صفات در سال‌های آزمایش با استفاده از نمای چندوجهی نیز کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Viola' و 'Emilie' را به‌عنوان کشت‌های مطلوب انتخاب نمود. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که بین صفات عملکرد تر میوه، عملکرد خشک میوه و کلروفیل a با یکدیگر، و صفات تعداد میوه، طول میوه، قطر ساقه، ارتفاع بوته و قطر میوه با یکدیگر، و صفات تعداد میان‌گره و کلروفیل b با یکدیگر همبستگی مثبت وجود دارد. براساس نسبت برابری زمین (LER) در سال‌های آزمایش، کشت بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم‌های 'Mirsoltan'، 'Emilie'، 'CUB-9042' و 'CUB-9045' به‌عنوان سودمندترین کشت‌ها نسبت به کشت خالص بامیه انتخاب شد. درنهایت می‌توان کشت بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم‌های 'Mirsoltan'، 'Viola' و 'Emilie' را به‌عنوان کشت‌های مخلوط مطلوب شناسایی نموده و این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که کشت مخلوط بامیه و خیار نسبت به کشت خالص آن، باعث افزایش میزان عملکرد، بهره‌وری از زمین و پایداری تنوع اکوسیستم‌های کشاورزی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل، بامیه، خیار، صفات کمی، کشت مخلوط

استناد: تاجیک خادمی، ح.، خدادادی، م.، حسن پناه، د.، ابراهیمی، ر. و حاجیان‌فر، ر. (۱۴۰۲). ارزیابی اثرات متقابل صفات کمی بر عملکرد ارقام خیار در کشت مخلوط با بامیه. *علوم سبزی‌ها*، ۱۴(۲)، ۵۸-۴۲.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

بامیه با نام علمی (*Esculentus abelmoschus* L.) و نام انگلیسی Okra، از خانواده پنیرکیان (Malvaceae) بوده و گیاهی یک‌ساله و بومی آمریکاست که دارای بوته‌ای با ساقه اصلی ضخیم و در بعضی از ارقام با شاخه‌های فرعی زیاد است (Tarassoum, 2019). کشت مخلوط از روش‌های رایج مورداستفاده در نظام‌های کشاورزی پایدار است که نقش مهمی در افزایش تولید و ثبات عملکرد به‌جهت بهبود استفاده از منابع و عوامل محیطی دارد (Alizadeh *et al*., 2010). نتایج پژوهش‌های متعددی در کشورهای مختلف جهان حاکی از آن بوده که کشت مخلوط موجب افزایش تنوع بوم‌شناختی، افزایش تولید با سودمندی عملکرد، استفاده کارآمدتر از منابع آبی، زمین، نیروی کار و عناصر غذایی، کاهش مشکلات ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌شود (Awal *et al*., 2006). از جمله مهم‌ترین فوائد کشت مخلوط، افزایش تولید در واحد سطح نسبت به حالت تک‌کشتی است (Banik *et al*., 2006). کشت مخلوط علاوه بر ایجاد تنوع و پایداری تولید در اکوسیستم‌های زراعی، درآمد اقتصادی و بهره‌وری از زمین را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد (Hamzei & Babaei, 2017). بامیه و خیار با نام علمی (*Cucumis sativus* L.)، از خانواده Cucurbitaceae از جمله سبزی‌های میوه‌ای مهم بوده و از این‌رو تحقیق در راستای دستیابی به شناخت بهتر اثر متقابل کشت مخلوط این دو گیاه حائز اهمیت است (Limbani & Anim, 2007).

تحقیقات زیادی نشان داده است که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از جنبه‌های مختلف از جمله عملکرد، برتری دارد (Sujatha *et al*., 2011; Pelzer *et al*., 2012). صدیقی کامل و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی که در زمینه کشت مخلوط انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که کشت مخلوط باعث ایجاد تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم و همچنین باعث حداکثر بهره‌وری زمین می‌شود (Sedigi Kamel *et al*., 2021). در تحقیقی که حمزه‌ای و صدیقی (۲۰۱۹)، بر روی کشت مخلوط لوبیا و سیب‌زمینی انجام دادند، نتایج نشان داد که با توجه به تعلق این دو گیاه به دو تیره مختلف و برخورداری از تفاوت‌های اکولوژیکی از جمله نیازهای خاکی، آبی، دمایی و میزان مقاومت به آفات و بیماری‌ها، مورفولوژیکی از جمله ساختار گیاه، شکل برگ، شکل و اندازه میوه، شکل و رنگ دانه و تغذیه‌ای، جنبه‌های مهم یاری و مکملی مناسب در کشت مخلوط دارند (Hamzei & Kamel, 2019). معیاری که اغلب جهت ارزیابی در مؤثر بودن کشت مخلوط مورداستفاده قرار می گیرد، نسبت برابری زمین (LER) است. این معیار نسبت میزان زمین لازم برای کشت خالص را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند و عبارت است از نسبت سطح زمینی که لازم است تا با کشت گیاه به‌صورت خالص، عملکردی مشابه با یک هکتار کشت مخلوط به‌دست بیاید (Ahmadi *et al*., 2009; Bojtor *et al*., 2022). LER به‌عنوان یک شاخص مهم جهت ارزیابی کارایی کشت مخلوط مورداستفاده قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که مقدار LER بزرگ‌تر از واحد بیانگر مزیت کشت مخلوط است، درحالی‌که LER کمتر از واحد بیانگر برتری کشت خالص نسبت به کشت مخلوط است (Banik *et al*., 2006).

به‌طور کلی، اهداف این پژوهش شامل الف) انتخاب کشت‌های مخلوط مناسب بامیه با خیار از نظر صفات کمی مورد ارزیابی در آزمایش، ب) بررسی میزان همبستگی و روابط بین صفات در

کشت‌های مخلوط و ج) مقایسه و بررسی کشت‌های مخلوط در سال‌های مختلف و انتخاب سودمندترین آن‌ها نسبت به کشت خالص بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی صفات کمی و عملکرد ارقام خیار در کشت مخلوط با بامیه، پژوهشی با تیمارهای کشت خالص بامیه رقم بیکر (’Bakker‘)، کشت مخلوط بامیه × ’Viola‘، بامیه × ’Mirsoltan‘، بامیه × ’Mito‘، بامیه × ’Emilie‘، بامیه × ’CUB-9042‘، بامیه × ’FC-21‘، بامیه × ’CUB-9045‘، بامیه × ’FC-27‘، بامیه × ’NAGIN‘، بامیه × ’NEGIN‘ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در طی دو سال زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در منطقه ورامین با مختصات جغرافیایی E”۵۱,۷۳۵۰۱۱ N”۳۵,۲۴۹۵۰۴ اجرا شد. همچنین مشخصات UTM (Universal Transverse Mercator) که برای مکان‌یابی موقعیت‌ها در سطح زمین استفاده می‌شود، برای منطقه مورد آزمایش به‌دست آمد که شامل UTM Easting ۵۵۸۸۲۳/۶۷ و UTM Northing ۳۹۰۹۳۰۴/۱۳ بود. دما و رطوبت نسبی گلخانه بر روی ۲۸ درجه سانتی‌گراد و ۴۲ درصد تنظیم شد. کشت مخلوط با کاشتن گیاهان بامیه در بین دو ردیف از گیاه خیار انجام گرفت تا از این طریق به حداکثر استفاده از فضا و منابع در گلخانه کمک شود. هرس بوته‌های خیار از شاخه‌های جانبی که از پایه گیاه بیرون‌آمده بود انجام شد تا به رشد ساقه اصلی گیاه کمک شده و منجر به افزایش رشد میوه شود. همچنین به‌منظور جلوگیری از بروز بیماری و حفظ سلامت گیاه برگ‌های زرد حذف شد. به‌منظور ارزیابی صفات، در پایان فصل رشد، از تعداد ۱۰ بوته از گیاه بامیه و تعداد ۱۰ بوته از گیاه خیار در هر کرت نمونه‌برداری شد. عملکرد خشک میوه با قرار دادن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون مورد محاسبه قرار گرفت. LER با استفاده از رابطه (۱) به‌دست آمد.

رابطه ۱: $$LER = \sum(\frac{Yi}{Ys})$$

که در این رابطه LER: نسبت برابری زمین، Yi: عملکرد یک‌گونه در کشت مخلوط و Ys: عملکرد همان گونه در کشت خالص است.

همچنین جهت مطالعه اثر متقابل متغیرهای موردآزمایش از قبیل اثر متقابل کشت مخلوط و صفات مورد ارزیابی از رابطه زیر استفاده شد.

رابطه ۲:
$$\frac{\alpha_{ij} - \beta_j}{\sigma_j} = \sum_{n=1}^{2} \lambda_n \xi_{in} \eta_{jn} + \varepsilon_{ij} = \sum_{n=1}^{2} \xi^*_{in} \eta^*_{jn} + \varepsilon_{ij}$$

که در این رابطه α_{ij}: میانگین مقدار کشت مخلوط iام در صفت jام، β_j: میانگین مقدار کل کشت‌های مخلوط برای صفات، σ_j: انحراف معیار صفت jام در میانگین کشت‌های مخلوط، ε_{ij}: باقیمانده مقدار کشت مخلوط در صفت jام، λ_n: مقدار مؤثر برای مؤلفه اصلی (PCn)، ξ_i: مقدار PCn برای کشت مخلوط iام و η_{jn}: مقدار PCn برای صفت j ام است.

به‌منظور انجام تجزیه گرافیکی از استانداردسازی صفات (رابطه ۳) استفاده شد. باتوجه به وجود واحدهای مختلف برای صفات، استانداردسازی صفات با هدف از بین بردن واحدها به‌کار گرفته شد.

رابطه ۳: $$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

که در این رابطه Z: نمره استاندارد، X: داده اولیه صفت، μ: میانگین صفت و σ: انحراف معیار صفت است.

جدول ۱ مشخصات خاک محل آزمایش و جدول ۲ مشخصات کشت‌های مخلوط و صفات مورد ارزیابی در آزمایش را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد آزمایش

Table 1- Characteristics of soil examined

درصد آهک TNV* (%)	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Ec ($dS\ m^{-1}$)	بور (پی‌پی‌ام) B (ppm)	منگنز (پی‌پی‌ام) Mn (ppm)	مس (پی‌پی‌ام) Cu (ppm)	روی (پی‌پی‌ام) Zn (ppm)
19.25	3.42	7.51	6.94	2.3	5.07	2.69	6.26
آهن (پی‌پی‌ام) Fe (ppm)	نیتروژن (٪) N (%)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	بافت Texture	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)
17.87	0.34	358.8	2433	لوم Loam	28	46	26

* Total neutralizing value (ارزش خنثی سازی خاصیت اسیدی)

جدول ۲- کدهای مربوط به کشت مخلوط و صفات مورد ارزیابی

Table 2- Codes of intercrops and evaluated traits

صفت Trait	کد صفت Trait code	کشت مخلوط بامیه و خیار intercropping of okra and cucumber	کد کشت مخلوط بامیه و خیار intercropping okra and cucumber code
وزن میوه در هر بند	FWN	رقم بیکر بامیه	A1B0
ارتفاع بوته	PLH	بیکر × ‘Viola’	A1B1
قطر ساقه	STD	بیکر × ‘Mirsoltan’	A1B2
عملکرد تر میوه	WFY	بیکر × ‘Mito’	A1B3
عملکرد خشک میوه	DFY	بیکر × ‘Emilie’	A1B4
تعداد میان‌گره	NI	بیکر × ‘CUB-9042’	A1B5
قطر میوه	FD	بیکر × ‘FC-21’	A1B6
طول میوه	FL	بیکر × ‘CUB-9045’	A1B7
تعداد میوه	NF	بیکر × ‘FC-27’	A1B8
کلروفیل a	Cha	بیکر × ‘NAGIN’	A1B9
کلروفیل b	Chb	بیکر × ‘NEGIN’	A1B10
کلروفیل کل برگ	Ch		

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که بین صفات از لحاظ تیمار، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. همچنین بین سال‌های آزمایش نیز از نظر صفات وزن میوه در هر بند، ارتفاع بوته، قطر ساقه، عملکرد خشک میوه، طول میوه، تعداد میوه، کلروفیل a و کلروفیل کل اختلاف معنی‌دار وجود داشت. معنی‌دار شدن اثر سال در آزمایش حاکی از تغییرات و واکنش صفات مختلف در تیمارها از یک سال به سال دیگر است. اثر متقابل

سال × کشت مخلوط بر تمام صفات به‌استثنای صفت قطر ساقه معنی‌دار بود. بیشترین میزان ضریب تغییرات مربوط به صفت عملکرد تر میوه (۲۸/۵ درصد) و کمترین میزان آن مربوط به صفت ارتفاع بوته (۱۲/۶ درصد) بود (جدول ۳).

براساس نتایج مقایسه میانگین، تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Viola'، 'Mirsoltan'، 'CUB-9042' و 'CUB-9042' از لحاظ صفت وزن میوه در هر بند، تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Viola'، 'Mirsoltan'، 'FC-21' و 'NAGIN' از لحاظ صفت ارتفاع بوته، تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Mirsoltanan'، 'Emilie' و 'NAGIN' از لحاظ صفت قطر ساقه، تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Viola'، 'CUB-9042'، 'FC-21'، 'CUB-9045'، 'FC-27' و 'NAGIN' از لحاظ صفت عملکرد تر میوه، تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Viola'، 'CUB-9042'، 'FC-21'، 'CUB-9045' و 'FC-27' از نظر صفت عملکرد خشک میوه، تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Viola'، 'Mirsoltan'، 'Mito'، 'CUB-9042'، 'FC-21'، 'FC-27' و 'NAGIN' از نظر صفت تعداد میان‌گره، تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Mirsoltan'، 'Emilie'، 'FC-27' و 'NAGIN' از نظر صفت قطر میوه، تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Viola'، 'Mirsoltan'، 'Emilie'، 'FC-21' و 'NAGIN' از نظر صفت طول میوه، تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Emilie'، 'FC-21' و 'FCC-27' از نظر صفت تعداد میوه و تیمارهای کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'FC-21' و 'NAGIN' از نظر صفت کلروفیل کل دارای بالاترین مقدار بوده و در گروه برتر قرار گرفتند. به‌طورکلی با بررسی تمامی صفات می‌توان کشت‌های بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Viola'، 'FC-21'، 'Emilie' و 'Fc-27' به‌عنوان کشت‌های مطلوب و کشت خالص بامیه و کشت‌های مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Mito' و 'NEGIN' به‌عنوان کشت‌های نامطلوب شناسایی شدند (جدول ۴). مقایسه هیبریدهای مطلوب و نامطلوب از نظر صفات ارزیابی شده به‌طور جداگانه در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در کشت‌های مخلوط در سال‌های آزمایش

Table 3. Combined analysis of variance of investigated traits in intercrops during experimental years

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن میوه در هر بند FWN	ارتفاع بوته PLH	قطر ساقه STD	عملکرد تر میوه WFY	عملکرد خشک میوه DFY	تعداد گره NI	قطر میوه FD	طول میوه FL	تعداد میوه NF	کلروفیلa Cha	کلروفیل b Chb	کلروفیل کل برگ Ch
سال Year	1	0.6*	10261.4**	27.09*	197578.4^{ns}	2967533*	3.4^{ns}	4.8^{ns}	79.6**	10.5*	130.9**	1.9^{ns}	1.2*
تیمار Treat	10	3.28*	506.7**	13.4*	659118*	408893*	1.9*	16.1*	8.1*	2.5*	10.5**	0.45*	0.37*
خطای ۱ Error 1	4	4.88	116.1	2.05	574820	143379	1.7	3.07	14.2	0.65	8.6	1.2	0.24
سال× تیمار Year ×Treat	10	8.77**	551.9*	8.7^{ns}	422240	186299*	1.4*	19.5**	12.9*	2.6*	9.02**	0.72*	0.37*
خطای ۲ Error 2	40	2.72	315	7.3	787160	364628	2.2	8.8	11.5	2.2	4.5	0.75	0.66
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	20.9	12.6	17.5	28.5	25.3	19.9	16.1	25.5	21.5	14.3	19.6	15.1

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد. کد صفات براساس جدول ۲ می‌باشد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1 %, probability levels, respectively. Traits code is based on Table 2

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در دو سال آزمایش

Table 4- Comparison of mean by Duncan's method in terms of traits evaluated in two years of testing

	مرتبه Rank	وزن میوه در هر بند (گرم) FWN (g)	ارتفاع بوته (سانتیمتر) PLH (cm)	قطر ساقه (میلی‌متر) STD (mm)	عملکرد تر میوه (گرم) WFY (g)	عملکرد خشک میوه (گرم) DFY (g)	تعداد گره NI	قطر میوه (میلی‌متر) FD (mm)	طول میوه (میلی‌متر) FL (mm)	تعداد میوه NF	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Cha (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chb (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Ch (mg g^{-1} FW)
A1B0	9	7.9^{b}	85.7^{cde}	14.6^{bcd}	3099^{cd}	2099^{abcd}	7.8^{ab}	17.1^{cd}	14.4^{ab}	6.2^{bcd}	0.46^{bcd}	0.39^{bc}	0.85^{ab}
A1B1	1	8.3^{ab}	102.07^{ab}	16.8^{ab}	3287^{ab}	2159^{ab}	7.6^{ab}	18.3^{bc}	15^{a}	7.3^{bc}	0.48^{abcd}	0.37^{bcd}	0.83a^{bc}
A1B2	5	8.2^{ab}	104.7^{a}	16.5^{ab}	2800^{cde}	1841^{cd}	8.33^{a}	19.6^{ab}	13.8^{abc}	7.1^{bc}	0.4^{cd}	0.39^{bc}	0.79^{bc}
A1B3	10	6.4^{d}	87^{bcde}	13.5^{cd}	3121^{bcd}	1961^{bcd}	7.6^{ab}	15.9^{e}	1.5^{cd}	6.5^{bcd}	0.38^{d}	0.47^{ab}	0.83^{abc}
A1B4	3	7.4b^{cd}	98.3^{bc}	17.8^{a}	3231^{abc}	1914^{bcd}	7.3^{bc}	21.8^{a}	14.4^{ab}	7.5^{ab}	0.42^{bcd}	0.32^{bcd}	0.74^{bc}
A1B5	7	9.07^{a}	79.07^{de}	14.5^{bcd}	3405^{a}	2304^{ab}	8.16^{ab}	17.9^{bcd}	11.8^{bcd}	5.9^{cd}	0.59^{ab}	0.32^{bcd}	0.91^{ab}
A1B6	2	7.6^{bcd}	102.7^{ab}	15.3^{bc}	3476^{a}	2316^{a}	7.5^{ab}	16.4^{cde}	13.8^{abc}	7.5^{ab}	0.55^{abc}	0.46^{ab}	1.1^{a}
A1B7	8	8.7^{a}	90b^{cd}	16.2^{abc}	3338^{ab}	2147^{abc}	6.1^{c}	18.2^{bc}	12.5^{bc}	7.1^{bc}	0.53^{abc}	0.37^{bcd}	0.9^{ab}
A1B8	4	7.8^{bc}	97.7^{bcd}	12.7^{d}	3199^{bc}	2057^{abcd}	7.8^{ab}	19.1^{ab}	12.7^{bc}	8.02^{a}	0.596^{ab}	0.48^{a}	0.96^{ab}
A1B9	6	7.09^{cd}	100.6^{ab}	16.03^{abc}	2317^{e}	1524^{cd}	7.6^{ab}	19.3^{ab}	13.6^{abc}	6.9^{bc}	0.6^{a}	0.4^{abc}	1^{a}
A1B10	11	7.6^{bcd}	81.4^{cde}	15.5^{bc}	2894^{cde}	1589^{cd}	7.3^{bc}	18.9^{bc}	12.3^{bc}	6.1^{bcd}	0.42^{bcd}	0.32^{bcd}	0.74^{bc}

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار است (آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد). کد صفات و کشت‌های مخلوط براساس جدول ۲ می‌باشد

Common letters in each column indicate no significant difference (Duncan's multiple range test at 5 % probability level). The code of traits and intercrops is based on Table 2

جدول ۵- انتخاب هیبریدهای با مطلوبیت بالا و پایین براساس نتایج مقایسه میانگین

Table 5- Selection of hybrids with high and low desirability based on mean comparison results

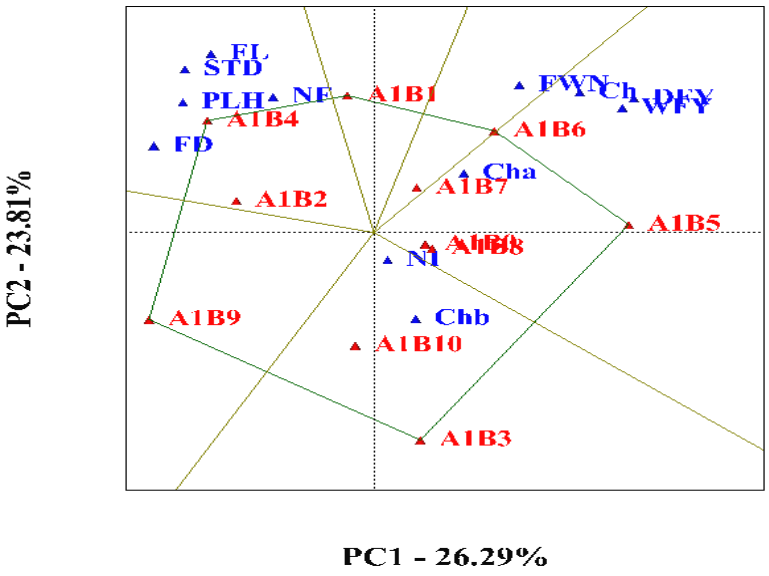
صفات Traits	تیمارهای با مطلوبیت بالا Treatments with high desirability	تیمارهای با مطلوبیت پایین Treatments with low desirability
وزن میوه در هر بند (FWN)	A1B0, A1B1, A1B2, A1B5, A1B7	A1B3,A1B0, A1B9, A1B10
ارتفاع بوته (PLH)	A1B2, A1B6, A1B9	A1B5, A1B0, A1B10
قطر ساقه (STD)	A1B4, A1B1, A1B2	A1B8, A1B3
عملکرد تر میوه (WFY)	A1B6, A1B5, A1B1, A1B7	A1B9, A1B10, A1B2, A1B0
عملکرد خشک میوه (DFY)	A1B6, A1B1, A1B7	A1B9, A1B10, A1B2
تعداد میان‌گره (NI)	A1B2, A1B0, A1B1, A1B3, A1B5, A1B8, A1B9	A1B7, A1B10, A1B4
قطر میوه (FD)	A1B3, A1B4, A1B8, A1B9, A1B12	A1B0, A1B6
طول میوه (FL)	A1B1, A1B4, A1B0	A1B3
تعداد میوه (NF)	A1B8, A1B4	A1B5
کلروفیل a (Cha)	A1B1, A1B8, A1B5	A1B3, A1B2
کلروفیل b (Chb)	A1B8, A1B6, A1B3	A1B10, A1B1, A1B4, A1B5
کلروفیل کل برگ (Ch)	A1B9, A1B8, A1B7, A1B6, A1B5, A1B0	A1B2, A1B10

کد صفات و کشت‌های مخلوط براساس جدول ۲ می‌باشد

The code of traits and intercrops is based on Table 2

نمای چندضلعی جهت تعیین بهترین کشت برای صفات مورد ارزیابی رسم شد. این شکل از وصل کردن کشت‌هایی که بیشترین فاصله را از مبدأ داشتند رسم می‌شود. از مبدأ روی هر ضلع چندوجهی خطی عمود می‌شود و شکل به چند قسمت تقسیم می‌شود. در این شکل کشت‌هایی که در یک بخش با یک یا چند صفت خاص قرار داشته باشند نسبت به آن صفت، عملکرد خوبی را نشان می‌دهند (Yan & Kang, 2003). این یک‌شکل چندضلعی است که امتیازات هر تیمار را در هر محیط به‌هم متصل می‌کند و امکان مقایسه بصری عملکرد آن‌ها را فراهم می‌کند. نمای چندضلعی برای شناسایی تیمارهایی که در صفات خاص عملکرد خوبی دارند و برای ارزیابی پایداری کلی تیمارها در طیف وسیعی از صفات مفید است (Shojaei *et al*., 2023).

براساس شکل رسم‌شده بر روی داده‌های میانگین دو سال آزمایش، مؤلفه اصلی اول ۲۶/۲۹ درصد و مؤلفه اصلی دوم ۲۳/۸۱ درصد و در مجموع بیش از ۵۰ درصد از واریانس کل داده‌ها توجیه شد. کشت‌های مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Viola'، بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'FC-21'، بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'CUB-9042'، بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'NAGIN' و بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Emilie' بیشترین فاصله را از مرکز نمودار داشته و به‌عنوان کشت‌های مناسب انتخاب شدند. در هر بخش نیز صفات عملکرد تر میوه، عملکرد خشک میوه و کلروفیل کل در کشت مخلوط بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'FC-21'، صفت کلروفیل a در کشت بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'CUB-9045' و صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر میوه، طول میوه و تعداد میوه در کشت بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم 'Emilie' نسبت به سایر کشت‌های مخلوط مورد بررسی از مطلوبیت بالاتری برخوردار بودند (شکل ۱).

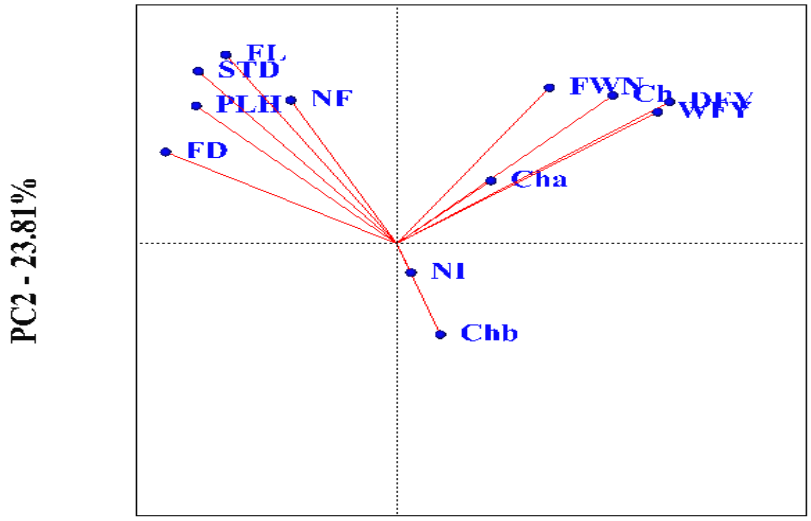


شکل ۱- نمای چندوجهی مقایسه کشت‌های مخلوط از نظر صفات مورد بررسی. کد صفات و کشت‌های مخلوط براساس جدول ۲ می‌باشد

Figure 1- Multifaceted view of comparison of intercrops based on evaluated traits. The code of traits and intercrops is based on Table 2

در شکل ۲، زاویه بین بردارها نشانگر شدت همبستگی بین صفات است. اگر زاویه بین بردارها صفر درجه باشد (بردارها کاملاً منطبق برهم باشند)، ضریب همبستگی بین بردارها برابر با ۱+ و در صورتی‌که زاویه بین بردارهای صفات ۹۰ درجه باشد، ضریب همبستگی بین صفات برابر با صفر است. همچنین، زاویه ۱۸۰ درجه بین بردارها نشان‌دهنده ضریب همبستگی ۱- بین صفات است (Yan & Kang, 2003).

نتایج تجزیه همبستگی حاکی از وجود همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت وزن میوه در هر بند با صفات عملکرد تر میوه و عملکرد خشک میوه بود، به عبارت دیگر با افزایش مقدار صفت وزن میوه می‌توان انتظار افزایش در مقدار صفات عملکرد تر میوه و عملکرد خشک میوه را داشت. صفت ارتفاع بوته با صفت عملکرد تر میوه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. صفت قطر ساقه با صفت کلروفیل کل دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت کلروفیل b دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بود. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت عملکرد تر میوه با صفات عملکرد خشک میوه و تعداد میان‌گره، صفت تعداد میوه با صفت کلروفیل a و صفت کلروفیل a با صفت کلروفیل کل مشاهده شد (جدول ۶). بر اساس نمودار به‌دست‌آمده از داده‌های میانگین دو سال اول و دوم آزمایش، صفات وزن میوه در هر بند، کلروفیل کل، عملکرد تر میوه، عملکرد خشک میوه و کلروفیل a با یکدیگر، صفات تعداد میان‌گره و کلروفیل b با یکدیگر و صفات تعداد میوه، طول میوه، قطر میوه، قطر ساقه و ارتفاع بوته با یکدیگر دارای همبستگی مثبت بودند. صفات تعداد میوه با صفات تعداد میان‌گره و کلروفیل b باتوجه به زاویه ۱۸۰ درجه بین بردار صفات، دارای همبستگی منفی بودند (شکل ۲). Shojaei و همکاران (۲۰۲۲)، کارایی نمودار همبستگی را در تشریح روابط بین صفات مورد تأیید و گزارش نمودند. با بررسی جدول ضرایب همبستگی و نمودارهای همبستگی رسم‌شده در سال‌های مختلف آزمایش، می‌توان همبستگی بین صفات عملکرد تر میوه، عملکرد خشک میوه و کلروفیل کل را گزارش نمود.



شکل ۲- نمودار تجزیه همبستگی بین صفات. کد صفات براساس جدول ۲ می‌باشد

Figure 2- Diagram of analysis of correlation between traits. The code of traits is based on Table 2

جدول ۶- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در سال‌های آزمایش

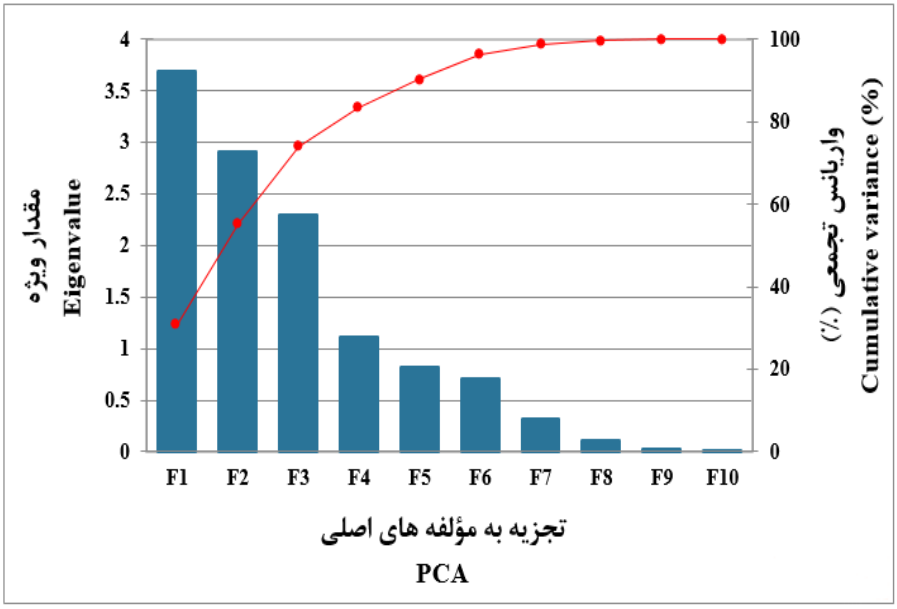
Table 6- Correlation coefficients of studied traits in the years of experiment

	وزن میوه در هر بند FWN	ارتفاع بوته PLH	قطر ساقه STD	عملکرد تر میوه WFY	عملکرد خشک میوه DFY	تعداد گره NI	قطر میوه FD	طول میوه FL	تعداد میوه NF	کلروفیل a Cha	کلروفیل b Chb
ارتفاع بوته PLH	-0.09										
قطر ساقه STD	0.1	0.27									
عملکرد تر میوه WFY	0.12*	-0.3*	-0.2								
عملکرد خشک DFY	0.24*	-0.16	-0.16	0.88*							
تعداد گره NI	-0.17	-0.04	-0.17	0.3*	0.2						
قطر میوه FD	0.27	0.1	0.2	-0.08	-0.15	-0.08					
طول میوه FL	0.08	0.1	0.22	0.2	0.2	-0.09	0.12				
تعداد میوه NF	0.07	0.4	0.08	0.14	0.2	-0.04	0.03	0.22			
کلروفیل a Cha	0.18	0.38	-0.04	0.03	0.17	0.16	0.006	-0.04	0.3*		
کلروفیل b Chb	0.18	-0.1	-0.4*	0.2	0.24	0.1	0.11	0.17	0.005	0.1	
کلروفیل کل Ch	0.06	0.01	0.47**	-0.1	-0.11	-0.03	-0.17	0.13	0.4	0.16*	0.18

* و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد. کد صفات براساس جدول ۲ می‌باشد

* and **: significant at 5 and 1 %, probability levels, respectively. The code of traits is based on Table 2

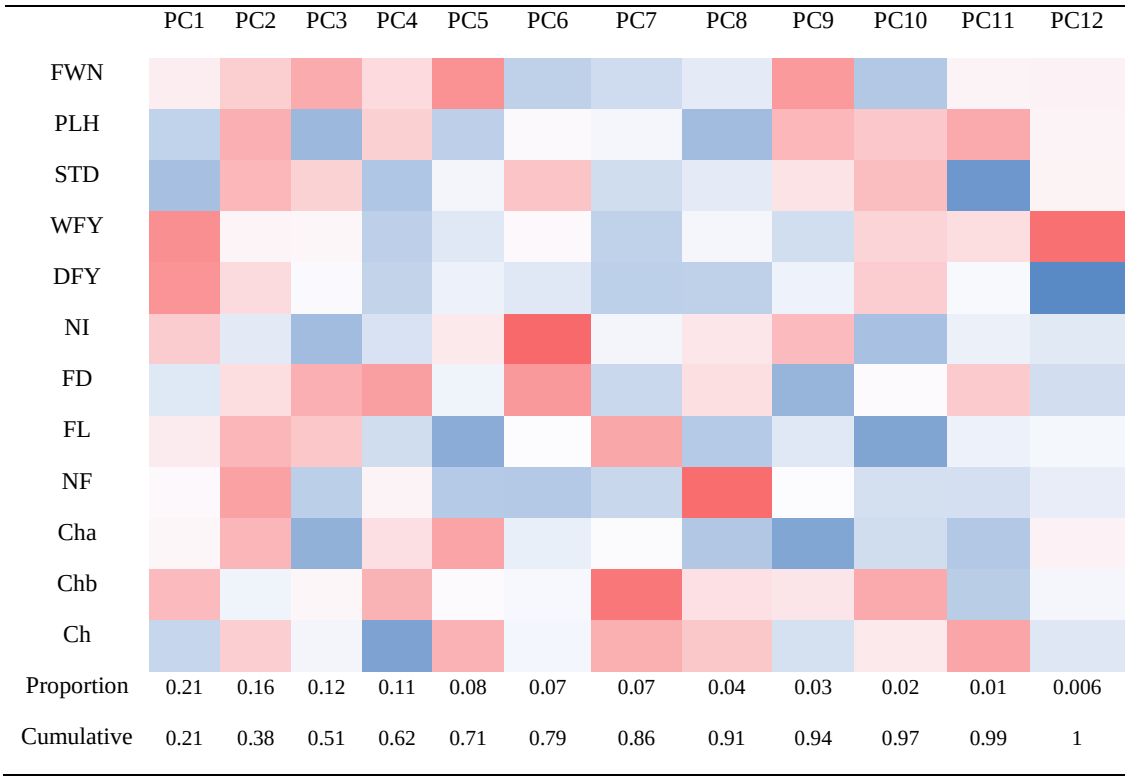
براساس شکل مقدار بردار ویژه (Eigenvalue) در داده‌های میانگین سال اول و دوم آزمایش نیز چهار مؤلفه اول بیش از ۶۲ درصد از واریانس کل داده‌ها را توجیه نمودند (شکل ۳). بر این اساس مؤلفه اول بیش از ۲۱ درصد از واریانس کل داده‌ها را پوشش داد، زیرا بیشترین تنوع در داده‌ها را در مقایسه با مؤلفه‌های دیگر توضیح داد. در این مؤلفه، صفات وزن میوه در هر بند، عملکرد تر میوه، عملکرد خشک میوه، تعداد میان‌گره، طول میوه، تعداد میوه، کلروفیل a و کلروفیل b دارای تأثیر مثبت بودند. بیشترین اثر مثبت مربوط به صفات عملکرد تر میوه و عملکرد خشک میوه بود. مؤلفه دوم نیز بیش از ۱۶ درصد از واریانس کل داده‌ها را توجیه نمود. تمام صفات به استثنای صفات تعداد میان‌گره و کلروفیل b دارای تأثیر مثبت بر روی این مؤلفه بودند. صفات تعداد میوه و ارتفاع بوته بیشترین تأثیر مثبت را بر روی این مؤلفه داشتند. مؤلفه سوم نیز بیش از ۱۲ درصد از واریانس کل را پوشش داد. در این مؤلفه نیز به جز صفات ارتفاع بوته، تعداد میان‌گره، تعداد میوه و کلروفیل a، سایر صفات دارای اثر مثبت بودند. بیشترین تأثیر مثبت مربوط به صفت وزن میوه در هر بند بود. مؤلفه چهارم بیش از ۱۱ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه نمود که در این مؤلفه نیز صفات وزن میوه در هر بند، ارتفاع بوته، قطر میوه، تعداد میوه، کلروفیل a و کلروفیل b دارای ضرایب مثبت بودند.



شکل ۳- مقدار بردار ویژه و واریانس تجمعی در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

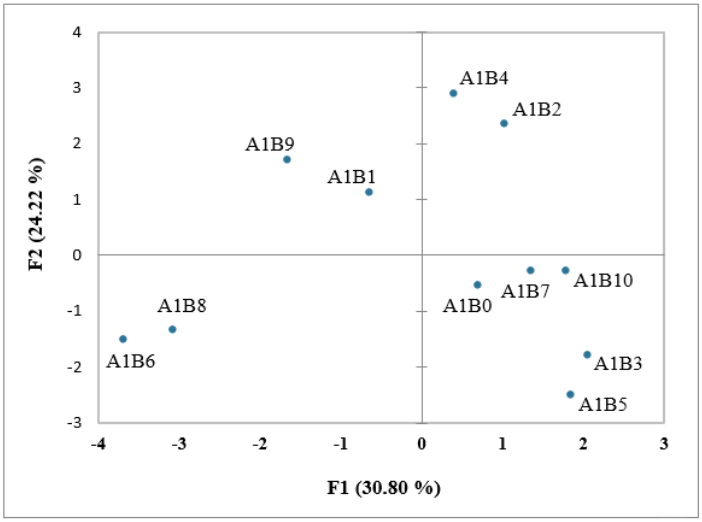
Figure 3- Eigenvalue and cumulative variance in principal component analysis

بیشترین تأثیر مثبت بر روی این مؤلفه مربوط به صفات قطر میوه و کلروفیل b بود (شکل ۴). بر اساس نمودار پراکنش کشت‌ها از نظر مؤلفه اصلی اول و دوم، چهار گروه تشکیل شد. گروه اول شامل کشت بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ’Mirsoltan‘ و ’Emilie‘، گروه دوم شامل کشت بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ’NAGIN‘، ’CUB-9045‘، ’Mito‘، ’CUB-9042‘ و کشت خالص بامیه، گروه سوم شامل کشت بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ’FC-27‘ و ’FC-21‘ و گروه چهارم شامل کشت بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ’Viola‘ و ’NAGIN‘ بود که در این گروه‌بندی، گروه اول دارای ضرایب مثبت از نظر مؤلفه اول و دوم بود (شکل ۵). Dos santos و همکاران (۲۰۱۹) و Bajtor و همکاران (۲۰۲۰) به‌منظور بررسی صفات و پراکنش تیمارهای مورد ارزیابی خود از نمودار پراکنش تیمارها بر اساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم استفاده نمودند.



شکل ۴- مقدار بردار ویژه و واریانس تجمعی در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی. کد صفات براساس جدول ۲ می‌باشد

Figure 4- Eigenvalue and cumulative variance in principal component analysis. Traits code is based on Table 2



شکل ۵- پراکنش کشت‌های مخلوط بامیه و خیار بر اساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم. کد کشت‌های مخلوط براساس جدول ۲ می‌باشد

Figure 5- Distribution of okra and cucumber intercrops based on first and second main components. The code of intercrops is based on Table 2

در برآورد نسبت برابری زمین، LER =۱ بیانگر یکسان بودن محصول زراعت‌های تک‌کشتی و مخلوط است، و مقادیر LER<۱ و LER>۱ به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم‌سودمندی و سودمندی کشت مخلوط است (Dhima *et al.*, 2007). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تمام ترکیبات تیماری، در سال اول

آزمایش کشت‌های بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ‘Viola’، ‘Mirsoltan’، ‘Emilie’، ‘CUB-9042’، ‘CUB-9045’ و ‘FC-27’، در سال دوم آزمایش، کشت‌های بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ‘Mirsoitn’، ‘Emilie’، ‘CUB-9042’، ‘CUB-9045’ و ‘NAGIN’ و در میانگین داده‌های سال اول و دوم آزمایش، کشت‌های بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ‘Viola’، ‘Mirsoltan’، ‘Emilie’، ‘CUB-9042’ و ‘CUB-9045’ نسبت به کشت خالص از سودمندی بالایی برخوردار بودند. بیشترین میزان LER در سال‌های اول، دوم و میانگین دو سال آزمایش به‌ترتیب مربوط به کشت‌های بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ‘FC-27’(۱/۳۶)، ‘CUB-9042’ (۱/۱۹) و ‘Emilie’(۱/۱۶) بود (جدول ۷).

با بررسی سال‌های مختلف آزمایش، می‌توان کشت‌های بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ‘Mirsoltan’، ‘Emilie’، ‘CUB-9042’ و ‘CUB-9045’ را از نظر LER به‌عنوان سودمندترین کشت‌ها انتخاب نمود. وجود تفاوت‌های فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بالاتر بودن LER در سیستم‌های کشت مخلوط در سیب‌زمینی با لوبیا (Nasrollahzadeh *et al*., 2012) و آفتاب‌گردان با لوبیا (Hamzei & Babaei, 2017) گزارش شده است.

جدول ۷- اثر سودمندی ترکیبات مختلف کشت بر کارایی کشت مخلوط بامیه و خیار

Table 7. The beneficial effect of different cultivation combinations on the efficiency of okra and cucumber intercrop

	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5	A1B6	A1B7	A1B8	A1B9	A1B10
سال اول First year	1.14	1.03	0.9	1.04	1.1	1	1.5	1.36	0.6	0.99
سال دوم Second year	0.96	1.04	0.73	1.3	1.19	0.92	1.06	0.63	1.18	0.94
میانگین سال‌های اول و دوم Average of first and second years	1.05	1.03	0.81	1.16	1.14	0.96	1.11	0.99	0.89	0.97

کد کشت‌های مخلوط براساس جدول ۲ می‌باشد

The code of intercrops is based on Table 2

نتیجه‌گیری کلی

کشت‌های بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ‘Viola’، ‘FC-21’، ‘Emilie’ و ‘FC-27’ از نظر نتایج مقایسه میانگین به‌عنوان کشت‌های مطلوب شناسایی شدند. بررسی‌های انجام‌گرفته از نظر تجزیه گرافیکی، همبستگی، مؤلفه‌های اصلی و نسبت برابری زمین، کشت‌های بامیه با خیار گلخانه‌ای رقم ‘Mirsoltan’، ‘Viola’ و ‘Emilie’ را به‌عنوان کشت‌هایی با سودمندی و مطلوبیت بالا از نظر عملکرد و صفات کمی انتخاب نمودند.

References

- Ahmadi, A., Dabbagh Mohammdi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R. & Janmohammadi, H. (2009). Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(4), 77-87.
- Alizadeh, Y., Koocheki, A. & Nassiri, M. M. (2010). Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). Systems

in an additive experiment. *European Journal of Agronomy* 24, 325-332.
- Anim, O. & Limbani, N. V. (2007). Effect of intercropping on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench. *International Journal of Agriculture and Biology (Pakistan)*. 9(4), 594-597.
- Awal, M. A., Koshi, H. & Ikeda, T. (2006). Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and forest meteorology*, 139(1-2), 74-83.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K. & Ghose, S. S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal of agronomy*, 24(4), 325-332.
- Bojtor, C., Mousavi, S. M. N., Illés, Á., Golzardi, F., Széles, A., Szabó, A., Nagy, J. & Marton, C. L. (2022). Nutrient composition analysis of maize hybrids affected by different nitrogen fertilization systems. *Plants*, 11(12), 1593.
- Dhima, K. V., Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B. & Dordas, C. A. (2007). Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100(2-3), 249-256.
- Dos Santos, I. G., Carneiro, V. Q., Santanna, I. D. C., Cruz, C. D., Carvalho, C., Borba Filho, A. L. & Alves, A. D. (2019). Factor analysis and GGE biplot for environmental and genotypic evaluation in sunflower trials. *Functional Plant Breeding Journal*, 1(2), 29-40.
- Hamzei, J. & Babaei, M. (2017). Study of quality and quantity of yield and land equivalent ratio of sunflower in intercropping series with bean. *Agroecology*, 8(4), 490-504.
- Hamzei, J. & Kamel, J. S. (2019). Effect of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) additive intercropping on growth, potato (*Solanum tuberosum* L.) equivalent yield and land use efficiency under different levels of N fertilizer. *Agroecology*, 11(4), 1409-1422. (In Farsi)
- Nasrollahzadeh, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R. & Nasrollahzadeh, V. (2012). Evaluation of sunflower (*Heliantus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(2), 79-90.
- Pelzer, E., Bazot, M., Makowski, D., Corre-Hellou, G., Naudin, C., Al Rifaï, M., & Jeuffroy, M. H. (2012). Pea–wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, 40, 39-53.
- Sedigi Kamel, J., Hamzei, J. & Sadra, T. (2021). Effect of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping with potato (*Solanum tuberosum* L.) on growth indices, yield and total land output in different nitrogen levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(1), 49-69. (In Farsi)
- Shojaei, S. H., Mostafavi, K., Omrani, A., Illés, Á., Bojtor, C., Omrani, S., Mousavi, S.M.N. & Nagy, J. (2022). Comparison of maize genotypes using drought-tolerance indices and graphical

analysis under normal and humidity stress conditions. *Plants*, 11(7), 942.
- Shojaei, S. H., Mostafavi, K., Bihamta, M., Omrani, A., Bojtor, C., Illes, A. & Mousavi, S. M. N. (2023). Selection of maize hybrids based on genotype× yield× trait (GYT) in different environments. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e272093.
- Sujatha, S., Bhat, R., Kannan, C. & Balasimha, D. (2011). Impact of intercropping of medicinal and aromatic plants with organic farming approach on resource use efficiency in arecanut (*Areca catechu* L.) plantation in India. *Industrial crops and products*, 33(1), 78-83.
- Tarassoum, T. D. (2019). Performance of okra (*Abelmoschus esculentus* Moench) under different irrigation frequencies. *North American Academic Research*, 2(8), 49-61.
- Yan, W. & Kang, M. S. (2003). GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC press.