**Journal of Horticultural Science**
https://jhs.um.ac.ir

**Research Article**
**Vol. 39, No. 2, Summer 2025, p. 187-201**

# Evaluation of the Morphophysiological and Phytochemical Characteristics of Persian Shallot (*Allium hirtifolium* Boiss) Landraces in Isfahan Province

**M. Mohammad Rezaei[1], M. Hassanpour Asil[2]*, J.A. Olfati[2], M.M. Gheisari[3]**

1- Department of Horticultural Sciences, Campus 2, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3- Department of Chemistry, Islamic Azad University Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran
(*- Corresponding author's Email: hassanpurm@guilan.ac.ir)

Received: 03 June 2024
Revised: 16 September
Accepted: 29 September 2024
Available Online: 29 eptember 2024

**How to cite this article:**
Mohammad Rezaei, M., Hassanpour Asil, M., Olfati, J.A., & Gheisari, M.M. (2025). Evaluation of the morphophysiological and phytochemical characteristics of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss) landraces in Isfahan province. *Journal of Horticultural Science*, *39*(2), 187-201. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88274.1349

## Introduction

The Persian Shallot (*Allium hirtifolium* Boiss), an endemic and economically significant medicinal plant native to Iran, has garnered increasing attention in recent years due to its potent therapeutic properties and adaptability to diverse climatic conditions. Traditionally used in Iranian medicine, this plant boasts a rich phytochemical profile that contributes to its effectiveness in treating various ailments, including rheumatism, stomach ulcers, and microbial infections. Beyond these established applications, recent studies suggest that the Persian Shallot may also serve as a potential aquaculture regulator, further enhancing its value in both agricultural and pharmaceutical contexts. However, growing demand and the overharvesting of wild populations have raised concerns regarding the plant's long-term sustainability and conservation. Unsustainable harvesting practices pose significant threats to the genetic reservoir and ecological balance of its native habitats. In light of these challenges, there is a pressing need to promote sustainable cultivation practices and conservation-oriented harvesting strategies. Iran's rich biodiversity and favorable agro-climatic conditions offer a strategic advantage for the cultivation, research, and export of high-quality medicinal plants such as the Persian Shallot. Research that focuses on evaluating local ecotypes and their nutritional and phytochemical characteristics can facilitate domestication efforts, genetic improvement programs, and the broader commercialization of this valuable species.

## Materials and Methods

This study was conducted in 2022 across six distinct natural habitats of Allium hirtifolium in Isfahan Province, Iran. These habitats, which differ in elevation and environmental conditions, were selected to capture a broad range of genetic and ecological diversity. From each habitat, 50 individual plant samples were collected during the growing season, resulting in a total of 300 samples. The primary objective was to evaluate and compare the morphophysiological and phytochemical traits of Persian Shallot populations across these diverse environments. Morphological traits assessed included the number of leaves per plant, leaf surface area, and the fresh and dry weight of bulbs. These indicators were selected for their relevance to plant vigor, productivity, and commercial value. For phytochemical analysis, fresh leaf samples were processed using acetone-based extraction. The contents of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, and antioxidant activity were measured spectrophotometrically. This biochemical evaluation aimed to provide insights into the plants' adaptive responses to environmental variables such as altitude, temperature fluctuations, and soil conditions. Data analysis was performed using Analysis of Variance (ANOVA) to determine statistically significant

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88274.1349

differences among populations. Cluster analysis was also conducted to group the habitats based on their morphophysiological and phytochemical traits. All statistical computations and visualizations were carried out using SAS, SPSS, and Microsoft Excel software.

## Results and Discussion

The results revealed significant diversity among Persian Shallot plants from different habitats, indicating high levels of biodiversity due to environmental and genetic factors. Variations were observed in morphological traits such as fresh and dry weight, leaf area, chlorophyll, carotenoid levels, and antioxidant activity across the different populations. Altitude was found to be particularly influential, with plants at higher altitudes showing larger leaf areas and higher chlorophyll concentrations. These adaptations suggest that environmental conditions such as temperature and sunlight availability at different altitudes strongly affect the plant's growth and phytochemical profile. Phytochemical analysis also showed higher antioxidant activity in plants from higher altitudes, likely due to environmental stress factors such as low temperature and increased UV exposure. These findings underscore the importance of altitude in influencing the biological and chemical characteristics of Persian Shallot populations. Cluster analysis grouped the different habitats, revealing distinct patterns of trait expression that reflect the plants' adaptation to their environments. Understanding how environmental factors like altitude affect plant traits is essential for developing breeding strategies aimed at improving yield and medicinal properties. The study emphasizes the need for selecting landraces with desirable characteristics for both cultivation and conservation purposes. By considering environmental gradients in plant selection and breeding, we can ensure that the genetic diversity and valuable traits of *Allium hirtifolium* are preserved.

## Conclusions

This study demonstrates the presence of significant biodiversity among Persian Shallot populations across six habitats in Isfahan province. The results suggest that altitude plays a critical role in shaping both genetic diversity and phytochemical composition, which are key to the plant's adaptability and medicinal value. The observed variations offer opportunities to select suitable landraces for specific uses, whether for their phytochemical content or their ability to thrive under certain environmental conditions. Further research should focus on identifying specific genetic factors contributing to this diversity. Molecular markers can be used to gain deeper insights into the genetic structure of these populations, aiding in the development of targeted breeding programs. By understanding the role of environmental factors and genetics in shaping plant traits, we can support the sustainable use and conservation of this important medicinal plant.

**Keywords:** Antioxidant activity, Carotenoid, Cluster analysis, Genetic diversity, Natural habitats, Weight of onion

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴، ص. ۲۰۱-۱۸۷

# ارزیابی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی توده‌های بومی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss) در رویشگاه‌های استان اصفهان

محسن محمدرضایی[۱]- معظم حسن‌پور اصیل[۲*]- جمالعلی الفتی[۲]- محمدمهدی قیصری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۸

## چکیده

موسیر ایرانی با نام *Allium hirtifolium* Boiss گیاهی پیازدار، چندساله و بومی ایران است. با توجه به کاربرد گسترده آن در صنایع غذایی و دارویی و استفاده بی‌رویه از رویشگاه‌های طبیعی، این گیاه در معرض نابودی و انقراض قرار دارد. ازاین‌رو تحقیقات در جهت اهلی‌سازی و وارد شدن آن به سیستم‌های زراعی ضرورت دارد. در برنامه‌های اصلاحی در راستای اهلی‌سازی توده‌های بومی گیاهی، اولین قدم ارزیابی تنوع و پتانسیل ژنتیکی موجود در توده‌های گیاهی است. در مطالعه حاضر، تنوع ژنتیکی توده‌های موسیرهای جمع‌آوری‌شده از شش رویشگاه طبیعی استان اصفهان با استفاده از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس براساس صفات مورد مطالعه نشان داد که بین توده‌های موسیر مورد مطالعه از نظر صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری ($p\leq0.01$) وجود داشت و در این بین، وزن تر و خشک سوخ و سطح برگ بیشترین ضریب تغییرات را دارا بودند. براساس تجزیه خوشه‌ای، توده‌های مورد بررسی در چهار گروه دسته‌بندی شدند. با توجه به ارزیابی‌های صورت‌گرفته، نتایج حاکی از آن است که بیشترین مقادیر کلروفیل، کاروتنوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، وزن تر و خشک سوخ و سطح برگ برای توده‌های جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های مرتفع (ارتفاعات بالاتر از ۲۷۰۰ متری) بود، درحالی‌که تنها مقدار بالای تعداد برگ برای توده‌های جمع‌آوری‌شده از ارتفاعات زیر ۲۶۰۰ متری ثبت شد. ازاین‌رو می‌توان نتیجه گرفت که علاوه‌بر عوامل ژنتیکی، عامل ارتفاع به‌عنوان یکی از تأثیرگذارترین اهرم‌های محیطی روی تنوع زیستی مشاهده‌شده در بین توده‌های مورد بررسی دخیل بوده است. یافته‌های این مطالعه می‌تواند در برنامه‌های آتی برای به‌نژادی توده‌های موسیر در جهت اهلی‌سازی و حفاظت از رویشگاه‌های طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه خوشه‌ای، تنوع ژنتیکی، رویشگاه‌های طبیعی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کاروتنوئید، وزن سوخ

## مقدمه

گیاهان دارویی دارای ارزش اقتصادی و خواص دارویی قابل توجهی هستند. این گیاهان به‌دلیل داشتن ترکیبات مشابه دارویی با ماهیت طبیعی، دارا بودن کمترین عوارض جانبی و سازگاری بهتر با بدن، در عصر حاضر نقش مهمی در تأمین سلامت جامع انسانی داشته و در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. ایران با داشتن شرایط آب‌وهوایی مطلوب و موقعیت جغرافیایی خاص، به رویشگاه طبیعی بسیاری از گیاهان دارویی با ارزش و مهم تبدیل شده است (Omidbaigi, 2000). موسیر ایرانی (Persian Shallot) (شکل ۱) با نام علمی *Allium hirtifolium* Boiss گیاهی چندساله از تیره Alliaceae است. این گیاه بومی ایران بوده (Rechinger, 1984) و به‌صورت گیاهی وحشی در نواحی کوهستانی (ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر) مناطق غربی، شمال غربی و مرکزی ایران به‌ویژه در رشته کوه‌های زاگرس می‌روید (Asgarpanah & Ghanizadeh, 2012). موسیر دارای پیاز فشرده کروی شکل با ساقه باریک و بلند به رنگ سبز و اغلب ارغوانی

۱- گروه علوم باغبانی، پردیس دانشگاهی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳- گروه علوم شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول:
(Email: hassanpurm@guilan.ac.ir
https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88274.1349

به‌طول ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. گل‌آذین آن چتر مرکب با گل‌های بنفش یا ارغوانی است (Fritsch & Abbasi, 2013) و با نام‌های مختلفی همچون پیاز تلخ، موسیر و سیر کوهی شناخته می‌شود (Aleebrahim-Dehkordy *et al*., 2016).

موسیر از نظر طبی جزء گیاهان دارویی مهم بوده و در صنایع غذایی و دارویی کاربرد گسترده‌ای دارد. این گیاه همانند سایر گونه‌های گیاهی جنس *Allium* سرشار از ترکیبات فیتوشیمیایی مختلف از جمله فلانوئیدها، ترکیبات حاوی گوگرد، آنزیم‌ها، ساپونین‌ها و ساپوژنین‌ها می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که این گیاه به‌دلیل وجود مواد فعال بیولوژیکی در ساختار خود دارای خواص دارویی از جمله خاصیت کنترل قند خون (Hosseini *et al*., 2022)، ضدباکتری (Moradi *et al*., 2013; Zeinali Aghdam *et al*., 2019)، ضدمیکروبی (Taran *et al*., 2006) و ضدسرطانی (Mohammadi-Motlagh *et al*., 2017) می‌باشد. سوخ موسیر در درمان رماتیسم و ترمیم زخم‌های سطحی، زخم معده، خلط سینه و همچنین به‌عنوان عطر و طعم‌دهنده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Barile *et al*., 2005; Jellin *et al*., 2000). سودمندی استفاده از عصاره *A. hirtifolium* در آبزی‌پروری به‌عنوان تعدیل‌کننده رشد، سلامت عمومی و سیستم ایمنی گزارش شده است (Ghafarifarsani *et al*., 2022).

**شکل ۱- موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss)**

**Figure 1- Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.)**

گیاهان دارویی نقش اساسی در سلامتی بشریت دارند، امّا بهره‌برداری بیش از حد از رویشگاه‌های طبیعی منجر به از دست دادن تنوع زیستی و ایجاد نگرانی‌های جهانی شده است (Howes *et al*., 2020; Schippmann *et al*., 2002). تقاضا برای انواع گسترده‌ای از گونه‌های وحشی دارویی با افزایش جمعیت و رشد نیازهای انسان در حال افزایش است. بنابراین جای تعجب نیست که تقاضای جهانی برای بسیاری از گونه‌های دارویی بقاء این گونه‌ها را تهدید کرده و آن‌ها را در معرض انقراض و تخریب قرار می‌دهد (Howes *et al*., 2020).

جمعیت‌های وحشی گیاهان دارویی از نظر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و نیز فیتوشیمیایی، ناهمگن و متنوع هستند. بنابراین در صورت بهره‌برداری از رویشگاه‌های طبیعی یا اهلی کردن به‌منظور تأمین مواد اولیه مناسب، هر برنامه‌ای که در نظر گرفته شود، نیازمند بررسی تنوع ژنتیکی و شیمیایی و شناسایی هویت و ژرم‌پلاسم گونه دارویی مورد نظر می‌باشد. در صورت بهره‌برداری از رویشگاه‌های طبیعی، با توجه به هتروژنی جمعیت‌های گیاهی و حضور

انواع کموتایپ‌ها به‌منظور تأمین دیدگاه‌های سازمان بهداشت جهانی در خصوص جمع‌آوری مطلوب گیاهان دارویی باید با بررسی تنوع موجود در طبیعت و تهیه نقشه پراکنش تیپ‌های شیمیایی، رویشگاه‌های واجد تیپ مورد نظر مشخص گردد تا از زیر سؤال رفتن اثرات بالینی ثابت‌شده به‌دلیل عدم آگاهی از کیفیت مواد مؤثره جلوگیری شود (Bernath, 2001; Tatanyi, 2001). شناخت جمعیت‌های برتر از نظر رشد و میزان مواد مؤثره گیاهان دارویی و سبزی‌ها اهمیت فراوانی در مطالعات دارد. ازآنجایی‌که شناخت میزان مواد مؤثره و دارویی و ترکیبات گیاه موسیر در مراحل اولیه قرار دارد، بنابراین معرفی اکوتیپ‌ها و توده‌ها و جمعیت‌های برتر این گیاه می‌تواند شناخت انسان را در انتخاب بهترین مکان و ارتفاع از سطح دریا از نظر صفات مورد بررسی در این طرح جهت کشت انبوه و سرمایه‌گذاری جهت صادرات بیشتر کند.

ارزش دارویی، تقاضای بازار و سطح فرآوری از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی یک گیاه است. افزایش تقاضای جهانی و داخلی برای گیاهان دارویی به‌دلیل افزایش علاقه مشتریان این گیاهان باعث شد که یک تجارت بزرگ در سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی ایجاد شود. براساس گزارش مرکز تجارت جهانی، نرخ تجارت جهانی گیاهان دارویی در سال ۲۰۱۰ حدود ۱۰۰ میلیارد دلار بوده و در سال ۲۰۱۸ به بیش از ۱۲۴ میلیارد دلار رسیده است. در سال ۲۰۵۰ میلادی به رقم پنج تریلیون دلار خواهد رسید. ایران در بین کشورهای جهان از نظر شرایط اقلیمی و تنوع گونه‌های مختلف گیاهان دارویی جایگاه ویژه‌ای دارد. همچنین ایران در زمینه گیاهان دارویی با سهمی معادل یک درصد از ارزش صادرات جهانی در رتبه شانزدهم قرار دارد و با ۰/۴ درصد از ارزش واردات جهانی در جایگاه ۴۱ قرار دارد (Rasekh Jahromi & Norani Azad, 2023). موسیر یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی صادراتی ایران در سال‌های گذشته بوده که به خیلی از کشورها از جمله کشورهای حوزه خلیج فارس صادر می‌شده است (Kashfi Bonab, 2011). ایران یکی از کشورهای غنی از نظر گیاهان دارویی و سبزی‌ها می‌باشد و با توجه به اینکه گیاه موسیر بومی ایران است، بنابراین شناخت توده‌های با کیفیت در کشور می‌تواند کمک بسیار زیادی در جهت تولید و صادرات این محصول با بالاترین کیفیت را به همراه داشته باشد و همچنین تعیین ارزش غذایی گیاهان بومی جهت معرفی به جوامع علمی و عموم مردم ارزش فوق‌العاده‌ای دارد و لازم است که چنین تحقیقاتی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

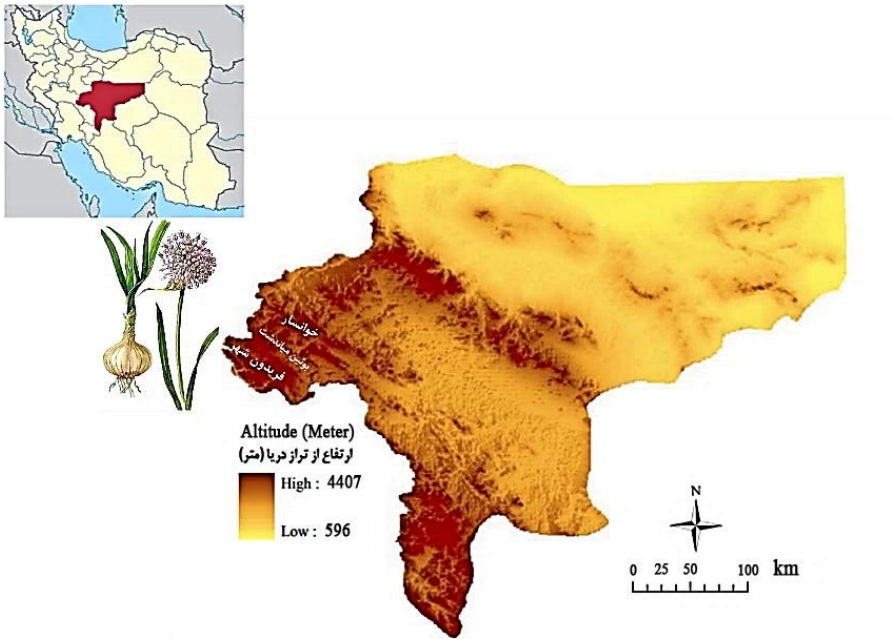
پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با بررسی تنوع ژنتیکی موسیر ایرانی جمع‌آوری‌شده از مناطق مختلف ایران همچون رشته کوه‌های زاگرس، چهارمحال بختیاری، همدان، کرمانشاه، آشتیان، اراک، بروجرد و خیلی از استان‌های دیگر با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی صورت گرفته است (Ebrahimi *et al.*, 2009; Panahandeh *et al.*, 2016). نتایج آن‌ها سطح بالایی از تنوع ژنتیکی را بین جمعیت‌های جمع‌آوری‌شده نشان داده است و این نتایج حاوی اطلاعات ارزشمندی در مورد تنوع ژنتیکی و روابط بین جمعیت‌های مورد بررسی بوده است. استان اصفهان به‌دلیل داشتن اقلیم سرد و گرم و خشک از نظر آب‌وهوایی دارای تنوع نسبتاً بالایی بوده و این تنوع بستر مناسبی برای داشتن انواع پوشش‌ها و گونه‌های گیاهی متفاوت از جمله موسیر را در نقاط مختلف این استان فراهم کرده است (Borhani & Sadeghzade, 2019). با این وجود، متأسفانه تاکنون جهت ارزیابی و بررسی مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی موسیر در رویشگاه‌های استان اصفهان، پژوهش جامعی صورت نگرفته است. لذا این پژوهش با هدف بررسی میزان تنوع ژنتیکی موسیر در رویشگاه‌ها و ارتفاعات مختلف استان اصفهان از لحاظ صفات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی طراحی گردید. انتظار می‌رود که نتایج این پژوهش در برنامه‌های به‌نژادی مرتبط با موسیر مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### جمع‌آوری و بررسی گیاهان از رویشگاه‌های طبیعی

به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی گیاهان موسیر ایرانی، نمونه‌های موسیر از شش رویشگاه‌های طبیعی استان اصفهان در ارتفاعات مختلف (شکل ۲، جدول ۱) در سال ۱۴۰۱ جمع‌آوری شد.

از هر رویشگاه ۵۰ نمونه در طول فصل رشد برداشت شد و قبل از برداشت، صفات مورفوفیزیولوژیک از قبیل تعداد برگ از طریق شمارش و سطح برگ با کمک دستگاه سطح‌سنج (Leaf Area Meter) برحسب سانتی‌مترمربع اندازه‌گیری شد. پس از برداشت و توزین، وزن تر سوخ ثبت گردید. به‌منظور ثبت وزن خشک، ابتدا سوخ‌ها به‌صورت نازک برش خورده و روی کاغذ صافی که جاذب رطوبت است، به‌مدت هشت ساعت قرار داده شدند تا فرآیند جذب رطوبت تسریع شود و سپس در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۰ ساعت قرار گرفتند. پس از خشک شدن نمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت، مجدداً با ترازوی دیجیتال با دقت سه رقم اعشار اندازه‌گیری شدند (Hejaz *et al.*, 2004).




**شکل ۲- توزیع جغرافیایی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss) استفاده‌شده در این مطالعه**

**Figure 2- Geographical distribution of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.) used in this study**

**جدول ۱- توزیع جغرافیایی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss) استفاده‌شده در این مطالعه**

**Table 1- Geographical distribution of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.) used in this study**

| شماره اکوتیپ<br>Ecotype. No | مکان جمع‌آوری<br>Collecting place | ارتفاع از سطح دریا<br>Altitude (m) | طول عرض جغرافیایی<br>Latitude and longitude |
|---|---|---|---|
| 1 | فریدون شهر پایین<br>Lower Fereydounshahr | 2400 | 32°55'N 50°10'E |
| 2 | فریدون شهر بالا<br>Bala Fereydounshahr | 2530 | 32°56' N 50°08'E |
| 3 | گلستان‌کوه خوانسار۱<br>Golestankoh 1 | 2800 | 33°10' N 50°22'E |
| 4 | گلستان‌کوه خوانسار۲<br>Golestankoh 2 | 2720 | 33°10' N 50°23'E |
| 5 | بویین میاندشت ۱<br>Boyin Miandasht 1 | 2700 | 33°10' N 50°16'E |
| 6 | بویین میاندشت۲<br>Boyin Miandasht 2 | 2560 | 33°8' N 50°10'E |

**اندازه‌گیری محتوای کلروفیل‌های a،b، کل و کاروتنوئید**

با استفاده از روش آرنون بدین ترتیب که ۰/۵ گرم برگ تر گیاه در هاون چینی با استون به‌صورت تدریجی ساییده شد و در هر مرحله ،محلول شفاف رویی به بالن ژوژه منتقل گردید. در ادامه با استفاده از استون، محلول به حجم ۲۰ سی‌سی رسید و پس از سانتریفیوژ در ۶۰۰۰ دور برای ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، جذب نوری آن در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئید برحسب میلی‌گرم در گرم بافت تر برگ از طریق معادله‌های زیر محاسبه گردید (Arnon, 1949).

(۱)

$$\text{کلروفیل a} = \left(12.7(A663) - 2.69(A645)\right) \times \left(\frac{V}{W}\right) \times 1000$$

(۲)

$$\text{کلروفیلb} = \left(22.9(A645) - 4.68(A663)\right) \times \left(\frac{V}{W}\right) \times 1000$$

(۳)
$$\text{کلروفیل کل} = \left(20.2(A645) + 8.02(A663)\right) \times \left(\frac{V}{W}\right) \times 1000$$

(۴)
$$\text{کاروتنوئید} = \left(7.6(A480) - 1.49(A510)\right) \times \left(\frac{V}{W}\right) \times 100$$

که در آن‌ها، V و W: به‌ترتیب حجم نهایی نمونه استخراجی و وزن تر نمونه برگی بر حسب گرم مورد استفاده می‌باشد.

### ارزیابی صفات فیتوشیمیایی

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی (مهار رادیکال‌های آزاد)**: این مشخصه با استفاده از ترکیب DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ارزیابی شد (Anthon & Barrett, 2003). بدین منظور، ابتدا عصاره متانولی یک گرم بافت سوخ با استفاده از ۱۰ سی‌سی حلال متانول / کلریدریک‌اسید ۱:۹۹ (v/v) تهیه شد و سپس به‌مدت ۲۰ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. در مرحله بعدی، ۱۹۷۵ میکرولیتر از محلول متانولی DPPH (۴۰ میلی‌گرم در لیتر) در داخل کووت ریخته و جذب آن در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد. در ادامه، ۲۵ میکرولیتر از عصاره متانولی به محلول متانولی DPPH اضافه شد و پس از نگهداری آن در دمای اتاق و در شرایط تاریکی به‌مدت ۳۰ دقیقه، مجدداً جذب آن قرائت گردید و در نهایت فعالیت آنتی‌اکسیدانی هر عصاره با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Brand-Williams *et al.*, 1995).

(۵) $\text{فعالیت آنتی‌اکسیدانی (\%)} = ((Ab - Aa)/Ab) \times 1$

که در آن، Ab: به‌عنوان جذب عناصر متانولی DPPH بدون نمونه و Aa: به‌عنوان جذب عناصر متانولی DPPH پس از اضافه نمودن نمونه در نظر گرفته شد.

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر پس از بررسی و اطمینان از برقراری مفروضات تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار شامل شش رویشگاه با استفاده از PROC GLM در نرم‌افزار SAS (Ver.9.4) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد با آزمون توکی صورت گرفت و نمودارها توسط نرم‌افزار Excel ترسیم شدند. تجزیه خوشه‌ای با هدف گروه‌بندی رویشگاه‌های مورد مطالعه براساس صفات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی، با استفاده از اندازه‌گیری فاصله اقلیدسی و روش حداقل واریانس Ward در نرم‌افزار SPSS (Ver.27) صورت گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) برای صفات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج، توده‌های موسیر جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشتند ($P \leq ۰/۰۱$) که نشان‌دهنده وجود تنوع زیستی قابل توجهی بین توده‌ها در رویشگاه‌های مختلف می‌باشد. وجود تنوع مبنایی برای انتخاب بهترین و مطلوب‌ترین ژنوتیپ است، بنابراین توده‌های مورد مطالعه دارای تنوع کافی برای انتخاب براساس صفات مورد بررسی می‌باشند (Tarang *et al.*, 2020). شرایط اقلیمی و عوامل محیطی محل رویش مانند میزان بارندگی، دمای سالیانه، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع و شرایط خاکی متفاوت و همچنین ژنتیک می‌توانند از عوامل تأثیرگذار در تنوع موجود و تفاوت بین توده‌های جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های مختلف باشند (Salehi *et al.*, 2017). نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که در بین توده‌های موسیر مورد بررسی، صفات وزن تر و خشک سوخ و سطح برگ به‌ترتیب با ضریب تغییرات ۲۰/۵۵، ۱۸/۸۶ و ۱۵/۹۳ درصد، بیشترین تنوع و صفات کاروتنوئید و تعداد برگ به‌ترتیب با ضریب تغییرات ۱/۸۵ و ۳/۳۹ درصد کمترین تنوع را نشان می‌دهند.

مقایسه میانگین صفات مورفوفیزیولوژیک نشان داد که بیشترین تعداد برگ مربوط به توده‌های جمع‌آوری‌شده از فریدون‌شهر پایین و کمترین تعداد برگ مربوط به رویشگاه گلستان‌کوه خوانسار در ارتفاع ۲۸۰۰ متری می‌باشد (شکل ۲).

پژوهشگران بیان داشتند که تنوع ژنتیکی در مناطق مختلف جغرافیایی از سازگاری موسیر با شرایط محلی آن در طول دوره رشد ناشی می‌شود (Vu *et al.*, 2013). در این مطالعه، بیشترین وزن تر و خشک سوخ موسیر مربوط به توده‌های جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های گلستان‌کوه خوانسار و ارتفاع ۲۷۰۰ متری بویین میاندشت بود، درحالی‌که توده‌های جمع‌آوری‌شده از سایر رویشگاه‌ها یعنی فریدن شهر بالا و پایین و ارتفاع ۲۵۶۰ متری بویین میاندشت، کمترین وزن تر و خشک سوخ را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). این پدیده ممکن است به‌دلیل تفاوت در دوره‌های نوری و دما در طول دوره رشدی این گیاه و همچنین ارتفاع منطقه رشدی گیاه باشد. تأثیر طول روز و دما بر وزن سوخ موسیر در تحقیقات قبلی نیز گزارش شده است (Okubo *et al.*, 1999; Vu *et al.*, 2013).

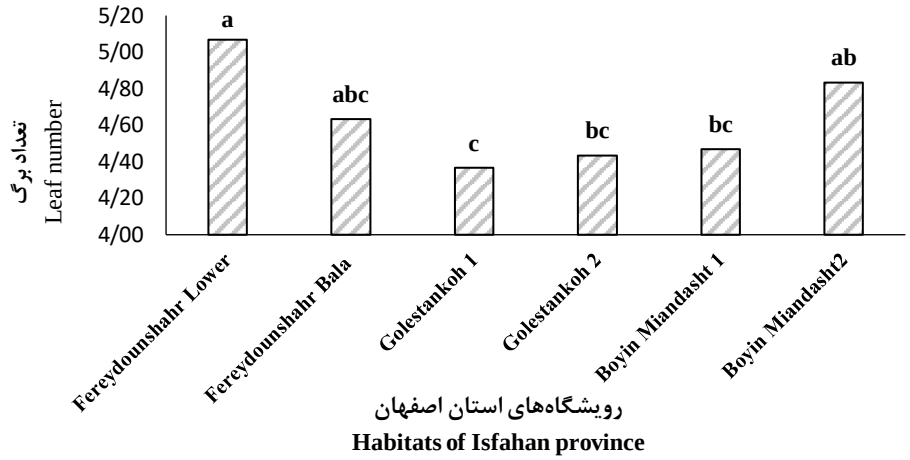
**جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی توده‌های موسیر ایرانی در شش رویشگاه استان اصفهان**

**Table 2– Results of ANOVA for the morphophysiological and phytochemical characteristics of Persian shallot (*A. hirtifolium*) in six habitats of Isfahan province**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | میانگین مربعات Mean of squares | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity | کاروئنوئید Carotenoid | کلروفیل کل Chlorophyll T | کلروفیلb Chlorophyll b | کلروفیلa Chlorophyll a | وزن خشک سوخ Bulb dry weight | وزن تر سوخ Bulb fresh weight | سطح برگ Leaf area | تعداد برگ Leaf number |
| بلوک Block | 2 | 7.52$^{ns}$ | 0.0007* | 0.001$^{ns}$ | 0.0008$^{ns}$ | 0.003$^{ns}$ | 0.13$^{ns}$ | 2.04$^{ns}$ | 148.871$^{ns}$ | 0.047$^{ns}$ |
| رویشگاه Habitat | 5 | 161.16** | 0.093** | 0.23** | 0.021** | 0.12** | 1.99** | 63.3** | 481.96$^{**}$ | 0.22** |
| اشتباه آزمایشی Experimental error | 10 | 30.64 | 0.000 | 0.004 | 0.0003 | 0.004 | 0.124 | 5.721 | 46.52 | 0.0247 |
| ضریب تغییرات CV% | | 5.58 | 1.85 | 6.490 | 6.165 | 9.046 | 18.86 | 20.55 | 15.93 | 3.39 |

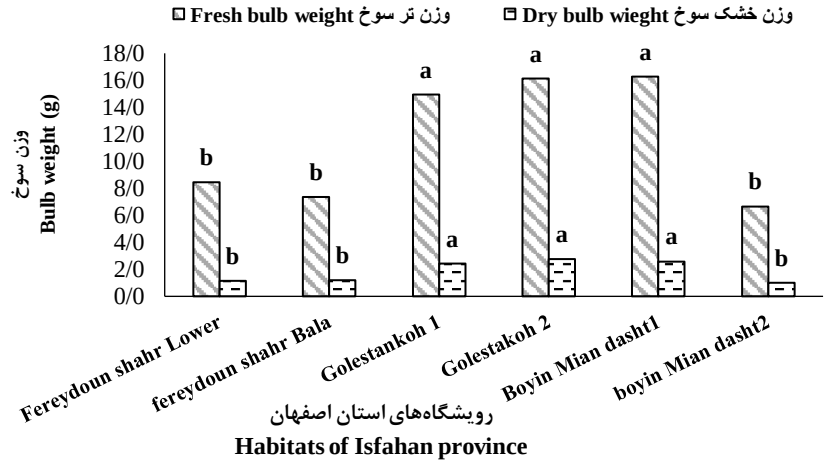
*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

*, ** and ns: significant at 5% and 1% of probability levels, and non- significant, respectively




**شکل ۳- تعداد برگ توده‌های بومی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss) در شش رویشگاه استان اصفهان**

**Figure 3- The leaf number of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss) landraces in six habitats of Isfahan province (Tukey, $p \leqslant 0.05$)**




**شکل ۴- وزن تر و خشک سوخ توده‌های بومی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss) در شش رویشگاه استان اصفهان**

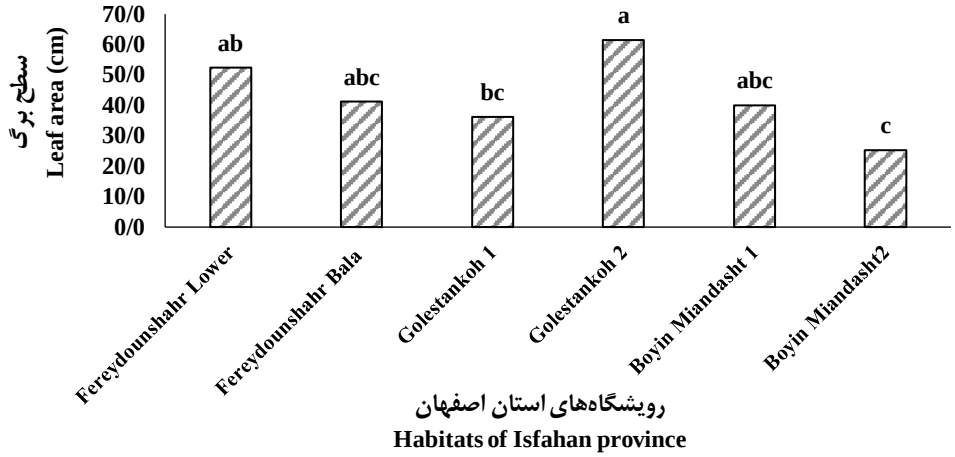
**Figure 4- Thefresh and dry bulb weight of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss) landraces in six habitats of Isfahan province (Tukey, $p \leqslant 0.05$)**

نمونه‌های برگی توده‌های موسیر جمع‌آوری‌شده در ارتفاع ۲۷۲۰ متری گلستان کوه خوانسار و ارتفاع ۲۵۶۰ متری بویین میاندشت به‌ترتیب بیشترین و کمترین سطح برگ را به خود اختصاص دادند (شکل ۴). بالا بودن سطح برگ باعث استفاده بهتر گیاه از عوامل محیطی و افزایش تجمع ماده خشک در گیاه می‌گردد (Niklas *et al.*, 2009). همان‌طور که مشاهده شد، توده‌های بومی جمع‌آوری‌شده از ارتفاع ۲۷۲۰ متری گلستان‌کوه خوانسار از نظر وزن تر و خشک سوخ نیز در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها، مقادیر بالاتر را دارا بودند. گزارش شده است که گونه‌هایی که سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی دارند دارای قابلیت تولید سطح برگ بیشتری هستند و استفاده از آن‌ها در سیستم زراعی می‌تواند مقرون‌به‌صرفه باشد (Sabzevari *et al.*, 2015).

یکی از صفات فیزیولوژیکی مهم در گیاهان، میزان کلروفیل و رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌باشد. کلروفیل a به‌عنوان رنگدانه اصلی که انرژی نور را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کند، شناخته می‌شود. کلروفیل b به‌عنوان رنگدانه کمکی به‌طور غیرمستقیم در فتوسنتز با انتقال نور جذب‌شده به کلروفیل a عمل می‌کند (Costache *et al.*, 2012). گزارش شده است که گیاهان در ارتفاعات با کاهش اندازه و تعداد کلروپلاست و دانه‌های نشاسته در سلول، شرایط فتوسنتزی خود را بهبود می‌بخشند (Tajali *et al.*, 2002; Eisapoor *et al.*,

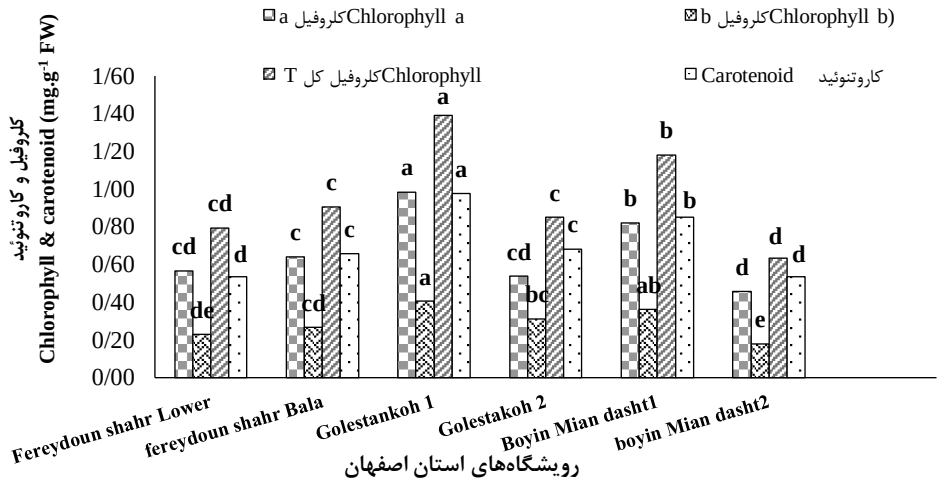
2020). در مطالعه حاضر، نتایج مقایسه میانگین مربوط به کلروفیل‌های a، b و کل، برخلاف نتایج گزارش‌شده توسط سایرین، نشان داد که با افزایش ارتفاع رویشگاه‌ها، میزان کلروفیل افزایش یافته، به‌طوری‌که توده‌های بومی ارتفاع ۲۸۰۰ متری گلستان‌کوه خوانسار بیشترین مقادیر در خصوص این صفات را به خود اختصاص دادند و مقادیر کمتر مربوط به توده‌های بومی ارتفاع ۲۵۶۰ متری بویین میاندشت بود (شکل ۵).

در ارتباط با کاروتنوئید، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید (۰/۹۸ میلی‌گرم بر گرم بافت‌تر) در ارتفاع ۲۸۰۰ متری گلستان‌کوه خوانسار و کمترین میزان کاروتنوئید (۰/۵۷ میلی‌گرم بر گرم بافت‌تر) در دو رویشگاه فریدون‌شهر پایین و ارتفاع ۲۵۶۰ متری بویین میاندشت مشاهده شد.




**شکل ۵- سطح برگ توده‌های بومی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss) در شش رویشگاه استان اصفهان**

**Figure 5- Theleaf area of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss) landraces in six habitats of Isfahan province (Tukey, $p \leqslant 0.05$)**

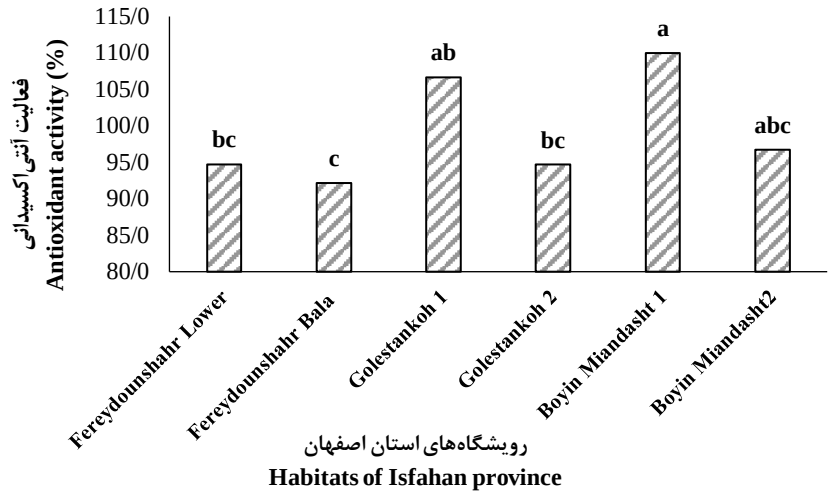



**شکل ۶- محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید توده‌های بومی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss) در شش رویشگاه استان اصفهان**

**Figure 6- The chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and carotenoid contents of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss) landraces in six habitats of Isfahan province (Tukey, $p \leq 0.05$)**

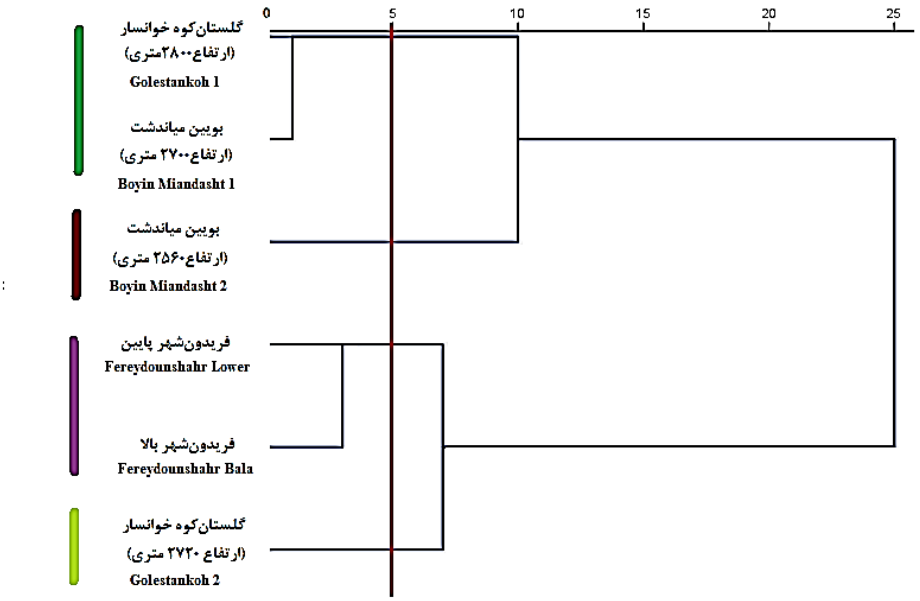
آنتی‌اکسیدان‌ها مولکول‌هایی هستند که با تبدیل رادیکال‌های آزاد به‌شکل پایدارشان مانع از فعالیت آن‌ها شده و به این ترتیب از تخریب سلول جلوگیری می‌کنند. موسیر ایرانی، منبع بالقوه‌ای از آنتی‌اکسیدان طبیعی می‌باشد و در راستای حفظ سلامتی انسان مورد توجه قرار گرفته است (Ghahremani-Majd *et al.*, 2012; Ghasemi Pirbalouti *et al.*, 2015). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب مربوط به ارتفاع ۲۷۰۰ متری بویین میاندشت و فریدون شهر بالا می‌باشد (شکل ۶). تفاوت معنی‌دار موجود در بین رویشگاه‌های مختلف علاوه‌بر عوامل ژنتیکی می‌تواند به‌دلیل عوامل محیطی مثل رطوبت، خشکی و دما باشد (Tomas-Barberan & Espin, 2001; Bhandari *et al.*, 2014). ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi *et al.*, 2009)، اصیلی و همکاران (Asili *et al.*, 2010) و قاسمی پیربلوطی و همکاران (Ghasemi Pirbalouti *et al.*, 2015) گزارش کردند که عوامل محیطی و ژنوتیپ به‌شدت روی میزان آنتی‌اکسیدان موسیر تأثیر می‌گذارد. با توجه به اهمیت آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و افزایش مصرف آن‌ها در صنایع غذایی و دارویی، توده‌هایی که فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی دارند می‌توانند گزینه‌های مناسبی برای به‌نژادگران در برنامه‌های به‌نژادی باشند.

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، یکی از روش‌های مهم برای گروه‌بندی و یافتن شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود در بین ژنوتیپ‌ها، جمعیت‌ها و گروه‌ها براساس صفات مختلف است. نتایج گروه‌بندی توده‌های مورد مطالعه براساس صفات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی به‌روش حداقل واریانس وارد (Ward) و معیار فاصله اقلیدسی در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، توده‌های مورد مطالعه در فاصله اقلیدسی ۵، به چهار گروه اصلی تقسیم شدند. توده‌های بومی ارتفاع ۲۷۰۰ بویین میاندشت و ارتفاع ۲۸۰۰ متری گلستان‌کوه خوانسار با مقادیر بالای فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای بالای کلروفیل و کاروتنوئید و وزن تر و خشک سوخ بالا در گروه اول، رویشگاه بویین میاندشت (ارتفاع ۲۵۶۰ متری) با کمترین سطح برگ و کمترین مقدار محتوای کلروفیل گروه دوم، رویشگاه فریدون شهر بالا و پایین با بیشترین تعداد برگ گروه سوم و رویشگاه‌های ۲۷۲۰ متری گلستان‌کوه خوانسار با بیشترین سطح برگ در گروه چهارم قرار گرفتند. قرار گرفتن توده‌های مورد مطالعه در چهار گروه مجزا را می‌تواند به تفاوت و تنوع در عوامل ژنتیکی و شرایط اقلیمی محل جمع‌آوری آن‌ها نسبت داد، به‌طوری‌که توده‌های قرارگرفته در یک گروه دارای یکنواختی بیشتری نسبت به سایر توده‌ها می‌باشند.




**شکل ۷- مقایسه میانگین فعالیت آنتی‌اکسیدانی بین توده‌های بومی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss) در شش رویشگاه استان اصفهان**

**Figure 7- The antioxidant activity of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss) landraces in six habitats of Isfahan province (Tukey, $p \leq 0.05$)**




**شکل ۸- تجزیه خوشه‌ای توده‌های بومی موسیر ایرانی در شش رویشگاه استان اصفهان براساس صفات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی با استفاده از روش Ward**

**Figure 8- Cluster analysis of native Persian shallot landraces in six habitats of Isfahan province based on morphophysiological and phytochemical traits using Ward's method**

همان‌طور که مشاهده می‌شود، توده‌های جمع‌آوری‌شده از ارتفاعات مختلف مناطق گلستان‌کوه خوانسار و بویین میاندشت در گروه‌های مجزا قرار گرفتند. از سوی دیگر، توده‌های جمع‌آوری‌شده از مناطق مرتفع این رویشگاه‌ها یعنی ارتفاع ۲۸۰۰ گلستان‌کوه و ۲۷۰۰ بویین میاندشت که در یک گروه قرار گرفته‌اند، از لحاظ اکثر صفات مورد مطالعه (به‌جز تعداد برگ) بیشترین مقادیر را دارا بودند. در مقابل، کمترین مقادیر صفات متعلق به توده‌های جمع‌آوری‌شده از ارتفاعات پایین این رویشگاه‌ها بود. ازاین‌رو، می‌توان عامل ارتفاع را به‌عنوان یکی از اهرم‌های محیطی ایجاد تنوع ژنتیکی در بین این توده‌های مورد مطالعه در نظر گرفت. عوامل انتخاب طبیعی، فاصله جغرافیایی و عوامل بوم‌شناختی مانند دما و شوری، به‌ویژه موقعیت جغرافیایی بر تنوع ژنتیکی موجودات زنده تأثیر می‌گذارد (Saleh & Elatroush, 2020). ارزیابی پاسخ گیاه به شرایط رشد طبیعی و شناسایی موفق اهرم‌های محیطی که می‌تواند تولید فیتوشیمیایی گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار دهند، می‌تواند در جهت اهلی شدن گیاه در برنامه‌های به‌نژادی آینده مفید واقع شود (Roux *et al*., 2017). شیب‌های ارتفاعی در مطالعات بوم‌شناختی می‌توانند جهت رمزگشایی سازوکار عوامل غیرزیستی بر ویژگی‌های بیولوژیکی گیاهان و چگونگی تأثیر این عوامل بر توزیع گونه‌های گیاهی، گزینه‌های جذاب و مناسبی باشند (Graves & Taylor, 1988). برهانی و همکاران (Borhani & Sadeghzade, 2019) بررسی ویژگی‌های رویشگاهی گونه گیاهی موسیر و تعیین سهم عوامل مؤثر بر حضور این گونه گیاهی در استان اصفهان نشان داد که عامل ارتفاع یکی از تأثیرگذارترین عوامل بوده و بیشترین حضور این گونه را در ارتفاعات بین ۲۷۰۰ تا ۳۰۰۰ متر از سطح دریا و اقلیم نیمه‌خشک گزارش کرد.

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، مطالعه حاضر وجود تنوع زیستی را در بین توده‌های جمع‌آوری‌شده از شش رویشگاه مورد مطالعه تأیید می‌کند. توصیف و ارزیابی اولیه توده‌های موسیر در این مطالعه می‌تواند در معرفی توده‌های مناسب برای انتخاب والدین و ژنوتیپ‌های مطلوب مفید باشد. نتایج با یک انسجام قابل قبول حاکی از آن است که تغییر ارتفاع بر تنوع ژنتیکی و ترکیبات فیتوشیمیایی توده‌های موسیر تأثیرگذار بوده است. ازاین‌رو می‌توان نتیجه گرفت که عامل تنوع موجود فقط ژنتیکی نبوده و عوامل اقلیمی و شرایط جغرافیایی نیز در ایجاد تنوع موجود سهیم بوده است. بااین‌حال برای مشخص کردن عوامل دقیقی که باعث تفاوت و تنوع توده‌های موسیر در استان اصفهان به شرایط مختلف محیطی می‌شوند، کارهای تحقیقاتی بیشتری لازم است. علاوه‌بر این، استفاده از نشانگرهای ملکولی برای بررسی تنوع می‌تواند مکمل نتایج مطالعه فعلی بوده و داده‌های قابل اعتمادتری را در مورد توده‌های مورد مطالعه در اختیار محققان قرار دهد.

## References


1. Aleebrahim-Dehkordy, E., Ghasemi-Pirbalouti, A., & Mirhoseini, M. (2016). A comprehensive review on *Allium hirtifolium* Boiss as a medicinal and edible plant. *Der Pharmacia Lettre*, *8*(1), 188-196.
2. Anthon, G.E., & Barrett, D.M. (2003). Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazine in the assessment of onion pungency. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 83,* 1210-1213. https://doi.org/10.1002/jsfa.1525
3. Arnon D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris. Plant Physiology*, *24*(1), 1–15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1
4. Asili, A., Behravan, J., Naghavi, M.R., & Asili, J. (2010). Genetic diversity of Persian shallot (*Allium hirtifolium*) ecotypes based on morphological traits, allicin content and RAPD markers. *Open Access Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *1*(1), 1-6.
5. Asgarpanah, J., & Ghanizadeh, B. (2012). Pharmacologic and medicinal properties of *Allium hirtifolium* Boiss. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, *6*(25), 1809-1814.
6. Barile, E., Capasso, R., Izzo, A.A., Lanzotti, V., Sajjadi, S.E., & Zolfaghari, B. (2005). Structure-activity relationships for saponins from *Allium hirtifolium* and *Allium elburzens*e and their antispasmodic activity. *Planta Medical*, *71*(11), 1010-1018. https://doi.org/10.1055/s-2005-873134.
7. Bernath, J. (2001). *Strategies and recent achievements in selection of medicinal and aromatic plants*. In International Conference on Medicinal and Aromatic Plants. *Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant, 576*, 115-128. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5.
8. Bhandari, S.R., Yoon, M.K., & Kwak, J.H. (2014). Contents of phytochemical constituents and antioxidant activity of 19 garlic (*Allium sativum* L.) parental lines and cultivars. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *55*, 138-147.
9. Borhani, M., & Sadeghzade, R. (2019). Investigation of vegetative characteristics of *Allium hirtifolium* in Isfahan province using logistic regression. *Journal of Range and Watershed Managment, 72*(2), 329-341. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jrwm.2019.275388.1350.
10. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebenson Wiss Technology*, *28*, 25-30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5.
11. Costache, M.A., Campeanu, G., & Neata, G. (2012). Studies concerning the extraction of chlorophyll and total carotenoids from vegetables. *Romanian Biotechnological Letters*, *17*(5), 7702-7708.
12. Ebrahimi, R., Zamani, Z., & Kashi, A. (2009). Genetic diversity evaluation of wild Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.) using morphological and RAPD Markers. *Scientia Horticulturae, 119*(4), 345–351. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v33i4.79019
13. Eisapoor, M., Hemmati, Kh., & Hemmati, N. (2020). Study of the effect of habitat on morphological and phytochemical traits of horsemint (*Mentha longifolia* L.). *Journal of Horticultural Science, 33*(4), 698-710. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v33i4.79019.
14. Fritsch, R.M., & Abbasi, M. (2013). A taxonomic review of *Allium subg. Melanocrommyum* in Iran. Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben (IPK), *Gatersleben*, 240 pp.
15. Ghafarifarsani, H., Yousefi, M., Hoseinifar, S.H., Paolucci, M., Lumsangkul, C., Jaturasitha, S., & Van Doan, H. (2022). Beneficial effects of Persian shallot (*Allium hirtifolium*) extract on growth performance, biochemical, immunological and antioxidant responses of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fingerlings. *Aquaculture*, *555*, 738162. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738162
16. Ghahremani-Majd, H., Dashti, F., Dastan, D., Mumivand, H., Hadian, J., & Esna-Ashari, M. (2012). Antioxidant and antimicrobial activities of Iranian mooseer (*Allium hirtifolium* Boiss) populations. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *53*, 116-122. https://doi.org/10.1007/s13580-012-0131-2
17. Ghasemi Pirbalouti, A., Ahmadzadeh, Y., & Malekpoor, F. (2015). Variation in antioxidant, and antibacterial activities and total phenolic content of the bulbs of mooseer *(Allium hirtifolium* Boiss.). *Acta Agriculturae Slovenica, 105*(1), 15-22. https://doi.org/10.14720/aas.2015.105.1.02
18. Graves, J.D., & Taylor, K. (1988). A comparative study of *Geum rivale* L. and *G. urbanum* L. to determine those factors controlling their altitudinal distribution II. Photosynthesis and respiration: II. Photosynthesis and respiration. *New Phytologist*, *108*(3), 297-304. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1988.tb04166.x
19. Hejaze, A., Shahroodi, M., & Forush, M. (2004). The methods index on plant analysis. *Edition University of Tehran*, *98*, 20-27. (in Persian).
20. Hosseini, S.M., Ghasemi, H., Moradi, Y., & Ranjbar, A. (2022). Comparison of the effects of Persian shallot and garlic hydroalcoholic extracts on albumin glycation. *Novelty in Clinical Medicine*, *1*(4), 197-203.

21. Howes, M.J.R., Quave, C.L., Collemare, J., Tatsis, E.C., Twilley, D., Lulekal, E., Farlow, A., Li, L., Cazar M.E., Leaman, D.J., Prescott, T.A.K., Milliken, W., Martin, C., De Canha, M.N., Lall, N., Qin, H., Walker, B.E., Londoño, C.V., Allkin, B., Rivers, M., Simmonds, M.S.J., Bell, E., Battison, A., Felix, J., Fores, F., Leon, C., Williams, C., & Nic Lughadha, E. (2020). Molecules from nature: Reconciling biodiversity conservation and global healthcare imperatives for sustainable use of medicinal plants and fungi. *Plants, People, Planet, 2*(5), 463-481. https://doi.org/10.1002/ppp3.10138
22. Jellin J.M., Batz, F., & Hitchens, K. (2000). *Natural Medicines Comprehensive Data Base*. 3rd ed. Stockton Press. California, 1310 p.
23. Kashfi Bonab, A. (2011). The relative economic advantage the cultivation and trade of medicinal plants in Iran and its value in world markets. *Commercial Surveys, 44*(8), 78-67. (in Persian).
24. Mohammadi-Motlagh, H.R., Shokohinia, Y., Mojarrab, M., Rasouli, H., & Mostafaie, A. (2017). 2-Methylpyridine-1-ium-1-sulfonate from *Allium hirtifolium*: An anti-angiogenic compound which inhibits growth of MCF-7 and MDA-MB-231 cells through cell cycle arrest and apoptosis induction. *Biomedicine and Pharmacotherapy, 93*, 117-129. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.06.013
25. Moradi, Y., Moradi-Sardareh, H., Ghasemi, H., Mohamadi, N., Moradi, M.N., & Hosseini-Zijoud, S.M. (2013). Medicinal properties of Persian shallot. *European Journal of Experimental Biology*, *3*(1), 371-379.
26. Niklas, K.J., Cobb, E.D., & Spatz, H.C. (2009). Predicting the allometry of leaf surface area and dry mass. *American Journal of Botany*, *96*(2), 531-536. https://doi.org/10.3732/ajb.0800250
27. Okubo, H., Sugiharto, A.N., & Miho, N. (1999). Bulbing response of Shallot (*Allium cepa* L. var. ascalonicum Backer) and *Allium*× *wakegi* Araki to daylength and temperature. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 68*(2), 283-285. https://doi.org/10.2503/jjshs.68.283
28. Omidbaigi, R. (2000). *Production and Processing of Medicinal Plants*. 5th ed. Astan Quds Publication, Tehran, Iran. 348 pp. (in Persian).
29. Panahandeh, J., Farhadi, N., Motallebi Azar, A., & Alizadeh Salteh, S. (2016). Evaluation of Persian shallot (*Allium hirtifolium*) ecotypes for phytochemical components and antioxidant activity. *Journal of Medicinal Plants and By-Product, 5*(2), 217-226. https://doi.org/10.22092/jmpb.2016.109399.
30. Rasekh Jahromi, E., & Norani Azad, S., (2023). Investigating the market structure and comparative advantage of medicinal plants export in Iran and world selected countries. *Journal of Agricultural Economics Research, 15*(1), 56-71. (in Persian with English abstract)
31. Rechinger, K.H. (1984). Flora Iranica, Alliaceae. Akademische Druck, Univ. Verlagsanstalt Graz, Austria, 76, 85.
32. Roux, D., Alnaser, O., Garayev, E., Baghdikian, B., Elias, R., Chiffolleau, P., Ollivier, E., Laurent, S., El Maataoui, M., & Sallanon, H. (2017). Ecophysiological and phytochemical characterization of wild populations of *Inula montana* L. (Asteraceae) in Southeastern France. *Flora, 236*, 67-75. https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.09.012
33. Sabzevari, S., Kafi, M., Bannayan, M., & Khazaie, H. (2015). Investigation of thermal requirement, growth and yield characteristics of two species of Persian shallot (*Allium altissimum* and *A. hertifulium*) in different density, bulb weight and flowering stem removing. *Agroecology, 6*, 836-847. (in Persian).
34. Saleh, A.I., & Elatroush, H. (2020). Impact of different geographical locations on genetic variation and phytochemical constituents of two medicinal marine algae. *Taeckholmia, 40*(1), 12-26. https://doi.org/10.21608/taec.2020.21902.1012
35. Salehi, F., Arouiee, H., Naghdi Badi, H., Nemati, S.H., & Tolyat Abulhassani, S.M. (2017). Evaluation of morphophysiological and phytochemical traits of different ecotypes of *Salvia multicaulis* Vahl. in Hamedan province, Iran. *Journal of Medicinal Plants*, *16*(64), 123-136. (in Persian with English abstract). https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.2717204.2017.16.64.13.0
36. Schippmann, U., Leaman, D.J., & Cunningham, A.B. (2002). Impact of cultivation and gathering of medicinal plants on biodiversity: global trends and issues. Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries. *Ninth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, 12-13 October 2002.
37. Tajali A., & Khazaeipoor, M. (2002). Effect of height and organs on flavonoids of *Crataegus microphylla*. *International Journal of Biosciences, 7*, 54-58. (in Persian with English abstract)
38. Taran, M., Rezaeian, M., & Izaddoost, M. (2006). *In vitro* antitrichomonas activity of *Allium hirtifloium* (Persian Shallot) in comparison with metronidazole. *Iranian Journal of Public Health, 35*(1), 92-94.(in Persian with English abstract).
39. Tarang, A., Kordrostami, M., Shahdi Kumleh, A., Hosseini Chaleshtori, M., Forghani Saravani, A., Ghanbarzadeh, M., & Sattari, M. (2020). Study of genetic diversity in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars of Central and Western Asia

using microsatellite markers tightly linked to important quality and yield related traits. *Genetic Resources and Crop Evolution, 67*, 1537-1550. https://doi.org/10.1007/s10722-020-00927-2.

40. Tatanyi, P. (2001). *Chemical variation (chemo differentiation) in medicinal and aromatic plants*. In International Conference on Medicinal and Aromatic Plants. *Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant, 576*, 15-23. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.576.1.
41. Tomas-Barberan, F.A., & Espin, J.C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 81*, 853-879. https://doi.org/10.1002/jsfa.885
42. Vu, Q.H., Hang, T.T.M., Yaguchi, S., Ono, Y., Pham, T.M.P., Yamauchi, N., & Shigyo, M. (2013). Assessment of biochemical and antioxidant diversities in a shallot germplasm collection from Vietnam and its surrounding countries. *Genetic Resources and Crop Evolution, 60*, 1297-1312. https://doi.org/10.1007/s10722-012-9920-9.
43. Zeinali Aghdam, S., Minaeian, S., Sadeghpour Karimi, M., & Tabatabaee Bafroee, A.S. (2019). The antibacterial effects of the mixture of silver nanoparticles with the shallot and nettle alcoholic extracts. *Journal of Applied Biotechnology Reports, 6*(4), 158-164. https://doi.org/10.29252/JABR.06.04.05