



Evaluation of phytochemical diversity among some genotypes and different organs of *Verbascum* species in northwest of Iran

Amini Soniya¹, Fattahi Mohammad^{2*}, Nazemiyeh Hossein³

¹Ph.D. Student, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

²Associate Professor, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

³Professor, Herb Culture for Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmacy, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

ABSTRACT INFO

Research Paper

Received: 08 Nov 2022

Accepted: 17 Jan 2024

ABSTRACT

Different organs of *Verbascum* species have great importance in the pharmaceutical industry, because they are containing saponins, phenols, flavonoids, and alkaloids. The west of Iran is one of the most important areas of medicinal diversity. In order to recognize and utilize the potential of native genotypes in breeding programs, medicinal diversity in the northwest of Iran was studied in 40 regions of West Azarbaijan, East Azarbaijan, and Kurdistan provinces. The present study was done based on the total diversity, total phenol content, flavonoid content, saponin content, and antioxidant activity. According to the results, notable diversity for *Verbascum* genoplasm was recorded in the northwest of Iran. Also, a significant difference among studied genotypes was observed in the amount of total phenol (44.35 mg GAE / g DW) was observed in the root organ of genotype G8 (#/ *stachydiforme*). The amount of total flavonoid (6.32 mg QE / g DW) was observed in leaves of G2 (#/ *erianthum*) genotype. Based on the results of present research G2, G8, G10, and G14 genotypes are introduced as superior genotypes in point of total phenol, total flavonoid, total saponin, and antioxidant activity. Therefore the introduced genotypes can be used as stock sources in breeding programs after supplementary studies.

Key words: Medicinal diversity of Iran, Biochemical, Total saponin

How to cite this article

Amini S, Fattahi M, Nazemiyeh H. 2024. Evaluation of phytochemical diversity among some genotypes and different organs of *Verbascum* species in northwest of Iran. Journal of Advanced Research in Medicinal Plants 1 #1 \$49-64. #InFarsi\$

DOI: 10.30479/ARMP.2024.18056.1006

© Author(s)
Published by MAM KHOMEMI International University
All rights reserved. This journal is under CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

مقدمه

ژنوتیپ‌های یک گونه دارویی، کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه خود را برای سازگاری با شرایط اکولوژیکی مختلفی که در آن قرار می‌گیرند، تغییر می‌دهند. این تغییرات معمولاً ناپایدارند ولی اگر اوضاع محیطی یاد شده در محل رویش گیاه، پایدار شود در دراز مدت، نسل‌های بعدی برای سازگاری با محیط جدید انتخاب، و این سازگاری به تدریج به صفات موروثی و قابل انتقال به نتایج تبدیل می‌شوند؛ در نتیجه تیپ‌های متنوعی از یک گونه به وجود می‌آیند که این تنوع به تفاوت در دامنه فعالیت دارویی و بیولوژیکی آنها منجر می‌شود (Sibet *et al.*, 2019). انعطاف پذیری ژنتیکی جمعیت‌های گیاهی، بروز این تنوع را امکان‌پذیر می‌سازد و به تدریج تحت تأثیر نیروی تکامل، ژنوتیپ‌هایی از یک گونه در مناطق جغرافیایی مختلف به وجود می‌آیند که از نظر فعالیت‌های نموی، فیزیولوژیکی، شیمیایی، گیاه‌شناسی و ژنتیکی از یکدیگر متمایز می‌شوند (Cante *et al.*, 2005). با توجه به این دلایل، توده‌های بومی گیاهان دارویی به ویژه جمعیت‌های وحشی از نظر ویژگی‌های مورفولوژیکی و نیز فیتوشیمیایی ناهمگن هستند؛ بنابراین در صورت بهره‌برداری و وارد کردن یک گونه دارویی به صنعت، هر استراتژی که در نظر گرفته شود، اعم از بهره‌برداری از رویشگاه‌های طبیعی، اهلی کردن (در مورد جمعیت‌های وحشی) و یا اصلاح (انواع کشت‌شده)، نیازمند بررسی ژنتیکی، شناسایی هویت و ویژگی‌های شیمیایی آن گونه دارویی است (Berath 2002).

گل ماهور یا خرگوشک (*Verbascum L.*) با بیش از ۳۶۰ گونه در سرتاسر دنیا بزرگ‌ترین جنس از خانواده گل میمون (*Euphariaeae*) است. تقریباً ۶۰ درصد از گونه‌های گل ماهور در جهان در مناطق آناتولیا (ترکیه) و شمال غرب ایران متمرکز است. مرکز اصلی تنوع این جنس آناتولیا است. ایران دارای ۴۲ گونه است که حدوداً ۲۰ گونه از آن (۴۸ درصد) در استان آذربایجان غربی، که در همسایگی آناتولیا است، پراکندگی دارد (Rag 1981). گزارش‌های زیادی در مورد استفاده دارویی از این گیاه برای رفع مشکلات تنفسی از قبیل برونشیت، سرفه خشک، سیاه‌سرفه، سل و آسم در طب سنتی وجود دارد. برگ، ریشه و گل این گیاه خواص تسکین‌دهنده، ضد میکروبی، ضدالتهاب و آرام‌بخش دارند (Atli and Akdr, 2004). گونه‌های مختلف گل ماهور برای درمان دردهای روماتیسمی، هموروئید و ترمیم زخم‌های سطحی استفاده می‌شوند. گل‌ها اثر ضدالتهاب بر دستگاه ادراری دارند. عصاره ریشه برای کاهش

دندان‌درد و همچنین رفع گرفتگی عضلات، تشنج و میگرن استفاده می‌شود. استفاده از آب گیاه یا پودر ریشه‌های گیاه باعث حذف سریع زگیل می‌شود (Atli and Iarholi, 2010). اثر دارویی اندام‌های مختلف گل ماهور به دلیل وجود ترکیباتی چون ساپونین‌ها، ایریدوئید گلیکوزیدها، فیل اتانوئیدها، مونوترپن‌ها، نئولیگنان گلیکوزیدها، فلاونوئیدها، استروئیدها و اسپرین آلکالوئیدها، اسیدهای چرب غیراشباع است. ایریدوئید گلیکوزیدها، فلاونوئیدها، فیل اتانوئیدها و ساپونین‌ها به ترتیب بیشترین مقدار را در این جنس دارا هستند (Atli and Akdr, 2004). Arrif و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند ساپونین‌ها و گلیکوزیدهای ایریدوئیدی بیشترین ترکیبات در جنس ورباسکوم هستند و سمیت گونه *V. balli* ناشی از غلظت زیاد ترکیبات ساپونینی آن است. از دیگر خواص بارز گونه‌های مختلف جنس ورباسکوم اثر آنتی اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد قارچی مواد مؤثر اندام‌های مختلف آن است. مطالعه Atli و همکاران (۲۰۰۴) درباره برخی از گونه‌های جنس گل ماهور در ترکیه نشان داد که ساپونین عامل اصلی خاصیت ضد قارچی گونه‌های مختلف این جنس است. Kariman و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی فیتوشیمیایی عصاره بخش‌های هوایی (گل، برگ، ساقه) گونه *V. cheirantifolium* نشان دادند که بین ترکیبات اندام‌های هوایی گیاه از لحاظ کمیت و کیفیت، شباهت‌ها و تفاوت‌هایی وجود دارد. اندام‌های برگ و ساقه، ترکیبات متنوع‌تری نسبت به اندام گل دارند به طوری که برگ و ساقه دارای ۱۸ ترکیب و گل دارای ۱۶ ترکیب است. بیشترین ترکیب در هر سه اندام به ترکیبات بوتیل استر و بوتانونیک اسید مربوط است که نشان می‌دهد هر سه اندام توانایی بسیار زیادی در تولید ترکیبات یادشده دارند. Arini و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی تنوع مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی ۹ گونه گل ماهور را در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد بین گونه‌های مختلف از نظر صفات مورفولوژیکی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین نوع گونه و اندام بر مقدار صفات فیتوشیمیایی در گل ماهور تأثیر معنی‌داری دارد. نتایج نشان داد که اندام برگ گل ماهور در مقایسه با اندام گل از مقدار بیشتری ترکیبات فنلی برخوردار است. این تحقیق به منظور ارزیابی تنوع فیتوشیمیایی در ژنوتیپ‌های مختلف گل ماهور در شمال غرب کشور و مقایسه بین اندام‌های گل، برگ و ریشه برای انتخاب بهترین اندام از نظر مقدار متابولیت ثانویه طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

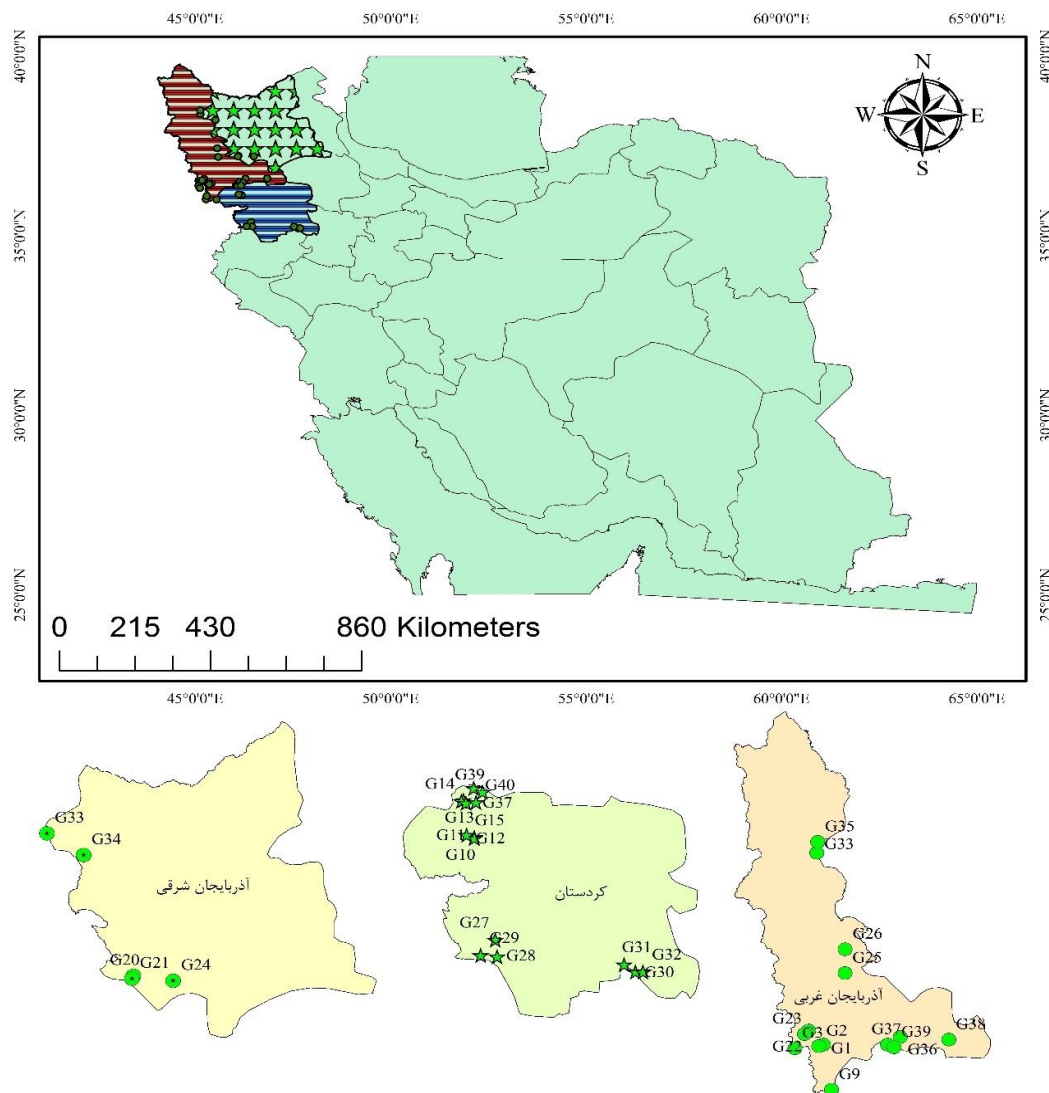
جمع‌آوری نمونه‌ها

انتخاب مناطق مورد مطالعه بر اساس فلور ایرانیکا و دیگر گزارش‌ها در زمینه پراکندگی جنس گل ماهور در شمال غرب کشور (منطقه ایران تورانی) صورت گرفت. سه استان شمال غرب کشور (آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان) که خاستگاه بسیاری از گونه‌های گل ماهور در ایران هستند برای جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی و انجام آزمایش انتخاب شدند (شکل ۱). بررسی و شناسایی پراکنش گونه‌ها با بهره‌گیری از منابع مختلف در این زمینه و بازدید از مناطق متعدد در تیرماه ۱۳۹۸ انجام شد. مشخصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه با استفاده از

دستگاه GB مشخص شد (جدول ۱). هنگام نمونه‌برداری برای شناسایی گونه‌های مختلف، نمونه هرباریومی تهیه، و همچنین مشخصات اصلی برای شناسایی گونه‌ها اندازه‌گیری و یادداشت شد.

ارزایی فیتوشیمی

اندام برگ، گل و ریشه جمعیت‌های مختلف گل ماهور برای ارزیابی‌های فیتوشیمیایی از اوایل تیرماه جمع‌آوری شد. مهم‌ترین ویژگی‌های فیتوشیمیایی که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفتند عبارت است از: ساپونین تری ترپنئیدی کل، فنل کل، فلاونوئید کل و ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی با روش DH.



شکل ۱- مناطق جمع‌آوری ژنوتیپ‌ها و محل تلف گل ماهور در شمال غرب کشور

جدول ۱- من اطق جمع‌آور ژنو تپه ۱۰ مخ تلف گل مهور در شمال غرب کشور

ژنوتیپ	محل جمع‌آوری	گونه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
G1	آذربایجان غربی/مهاباد	<i>V. erianthum</i>	۳۶°۴۶'۱۵"	۴۵°۴۱'۱۹"	۱۴۰۷
G2	آذربایجان غربی/مهاباد	<i>V. erianthum</i>	۳۶°۴۴'۰۴"	۴۵°۳۶'۵۶"	۱۳۶۴
G3	آذربایجان غربی/پیرانشهر	<i>V. sinuatum</i>	۳۶°۴۰'۰۶"	۴۵°۰۹'۲۷"	۱۴۰۲
G4	آذربایجان غربی/پیرانشهر	<i>V. pseudo-digitalis</i>	۳۶°۳۳'۱۹"	۴۵°۱۲'۵۸"	۱۴۹۵
G5	آذربایجان غربی/پیرانشهر	<i>V. pseudo-digitalis</i>	۳۶°۳۳'۲۱"	۴۵°۱۲'۵۲"	۱۴۹۶
G6	آذربایجان غربی/سردشت	<i>V. haussknechtianum</i>	۳۶°۰۵'۵۶"	۴۵°۲۹'۵۶"	۱۰۳۳
G7	آذربایجان غربی/سردشت	<i>V. stachydiforme</i>	۳۶°۰۱'۵۱"	۴۵°۲۸'۲۶"	۱۲۸۲
G8	آذربایجان غربی/سردشت	<i>V. stachydiforme</i>	۳۶°۱۱'۱۵"	۴۵°۳۰'۰۷"	۱۲۲۸
G9	کردستان/بانه	<i>V. punalense</i>	۳۶°۰۱'۰۳"	۴۵°۵۵'۴۲"	۱۵۷۴
G10	کردستان/سقز	<i>V. stachydiforme</i>	۳۶°۱۴'۱۱"	۴۶°۱۹'۰۸"	۱۵۸۴
G11	کردستان/سقز	<i>V. sublobatum</i>	۳۶°۱۳'۴۰"	۴۶°۱۹'۱۱"	۱۵۶۵
G12	کردستان/سقز	<i>V. szovitsianum</i>	۳۶°۱۵'۵۱"	۴۶°۱۲'۳۳"	۱۷۲۱
G13	آذربایجان غربی/بوکان	<i>V. szovitsianum</i>	۳۶°۴۱'۳۱"	۴۶°۰۷'۳۰"	۱۳۱۷
G14	آذربایجان غربی/بوکان	<i>V. szovitsianum</i>	۳۶°۴۰'۴۸"	۴۶°۰۵'۵۱"	۱۳۳۷
G15	آذربایجان غربی/بوکان	<i>V. szovitsianum</i>	۳۶°۳۹'۲۵"	۴۶°۰۹'۵۵"	۱۳۳۰
G16	آذربایجان غربی/ارومیه	<i>V. stachydiforme</i>	۳۷°۱۰'۲۲،۵۳"	۴۴°۵۲'۱،۵۷"	۱۰۱۳
G17	آذربایجان غربی/ارومیه	<i>V. haussknechtianum</i>	۳۷°۱۰'۳۶،۱۹"	۴۴°۵۱'۴۹،۳۶"	۱۰۰۱
G18	آذربایجان غربی/ارومیه	<i>V. haussknechtianum</i>	۳۷°۱۱'۱۱،۴۸"	۴۴°۴۸'۵۹،۹۵"	۱۱۷۵
G19	آذربایجان غربی/ارومیه	<i>V. erianthum</i>	۳۷°۱۲'۱۷،۸۴"	۴۴°۴۷'۳۴،۲۷"	۱۲۵۱
G20	آذربایجان شرقی/مراغه	<i>V. erianthum</i>	۳۷°۲۳'۵،۱۴"	۴۶°۱۱'۴۲،۲۷"	۱۲۷۲
G21	آذربایجان شرقی/مراغه	<i>V. erianthum</i>	۳۷°۲۰'۹،۶۲"	۴۶°۱۰'۳۶،۰۳"	۱۵۰۰
G22	آذربایجان شرقی/نقده	<i>V. songaricum</i>	۳۶°۵۹'۴۴،۰۱"	۴۵°۲۳'۴۶،۲۷"	۱۳۱۵
G23	آذربایجان شرقی/نقده	<i>V. songaricum</i>	۳۶°۵۵'۸،۱۷"	۴۵°۱۸'۲۰،۸۹"	۱۵۳۶
G24	آذربایجان شرقی/یناب	<i>V. songaricum</i>	۳۷°۲۱'۳،۱۸"	۴۶°۰۵'۳۲،۰۵"	۱۳۶۳
G25	آذربایجان شرقی/یناب	<i>V. songaricum</i>	۳۷°۱۹'۵۵،۶۰"	۴۵°۵۹'۶،۲۸"	۱۳۲۱
G26	آذربایجان شرقی/آذرشهر	<i>V. songaricum</i>	۳۷°۴۳'۹،۶۹"	۴۵°۵۷'۲۷،۰۰"	۱۴۱۷
G27	کردستان/مریوان	<i>V. stachydiforme</i>	۳۵°۳۸'۲۷،۳۱"	۴۶°۴۳'۲۶،۵۴"	۱۴۹۷
G28	کردستان/مریوان	<i>V. stachydiforme</i>	۳۵°۱۶'۳،۸۸"	۴۶°۳۹'۲۷،۱۹"	۱۳۸۶
G29	کردستان/مریوان	<i>V. stachydiforme</i>	۳۵°۲۶'۲۰،۰۸"	۴۶°۳۲'۱۷،۳۳"	۱۱۰۳
G30	کردستان/سنندج	<i>V. haussknechtianum</i>	۳۵°۲۰'۲۱،۸۹"	۴۷°۰۶'۵۸،۳۲"	۱۷۹۹
G31	کردستان/سنندج	<i>V. haussknechtianum</i>	۳۵°۲۵'۳۴،۸۲"	۴۷°۰۵'۴۹،۳۳"	۱۴۷۷
G32	کردستان/سنندج	<i>V. haussknechtianum</i>	۳۵°۲۱'۲۴،۲۰"	۴۷°۰۶'۳۱،۹۶"	۱۵۰۲
G33	آذربایجان غربی/خوی	<i>V. sublobatum</i>	۳۸°۳۸'۹،۷۹"	۴۵°۰۱'۰۳،۹۹"	۱۶۸۷

جدول ۱ (ادامه) - مناطق جمع‌آوری ژنوتیپ‌های مختلف گل ماهور در شمال غرب کشور

ژنوتیپ	محل جمع‌آوری	گونه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
G34	آذربایجان غربی/خوی	<i>V. sublobatum</i>	۳۸°۲۲'۳۰٫۶۱"	۴۵°۵۲'۱۱٫۵۹"	۱۳۲۰
G35	آذربایجان غربی/خوی	<i>V. sublobatum</i>	۳۸°۴۹'۵۲٫۷۳"	۴۵°۱۳'۴۶٫۶۲"	۱۴۳۸
G36	آذربایجان غربی/میاندوآب	<i>V. szovitsianum</i>	۳۶°۵۹'۴۹٫۲۲"	۴۶°۲۹'۵۶٫۱۰"	۱۴۲۹
G37	آذربایجان غربی/میاندوآب	<i>V. sublobatum</i>	۳۶°۵۰'۴۳٫۶۵"	۴۶°۱۵'۵۲"	۱۳۴۵
G38	آذربایجان غربی/میاندوآب	<i>V. sublobatum</i>	۳۶°۵۹'۹٫۶۳"	۴۶°۸'۵۲٫۵۱"	۱۳۰۲
G39	آذربایجان غربی/میاندوآب	<i>V. sublobatum</i>	۳۶°۴۸'۱۱٫۳۷"	۴۶°۲۲'۱۵٫۸۹"	۱۳۷۱
G40	آذربایجان غربی/میاندوآب	<i>V. sublobatum</i>	۳۶°۴۰'۴۶٫۴۱"	۴۶°۱۸'۵۲٫۱۵"	۱۵۶۸

عصاره‌گیری

اندازه‌گیری ساپونین کل (TSC)

اندام‌های خشک شده ژنوتیپ‌های مختلف با استفاده از نیتروژن مایع پودر شد و عصاره‌گیری متانولی از آنها با استفاده از دستگاه اولتراسونیک انجام گرفت. یک گرم از هر نمونه با اضافه کردن ۲۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به مدت نیم ساعت در دستگاه اولتراسونیک در دمای ۳۰ درجه عصاره‌گیری شد.

اندازه‌گیری فنل کل (TPC)

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی با استفاده از معرف فولین سیلیکاتیو صورت گرفت. ۱۰۰ میکرولیتر عصاره از محلول استخراج شده اصلی برداشته شد؛ سپس ۱۸۰ میکرولیتر آب دی‌یونیزه و ۱۲۰۰ میکرولیتر فولین به مخلوط اضافه، و بعد از ۵ دقیقه به آن کربنات سدیم ۷/۵ درصد افزوده شد. پس از آن نمونه‌ها ۴۵-۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق قرار داده شدند. در نهایت جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر به وسیله اسپکتروفوتومتر (ND-20S) قرائت شد. همچنین از گالیک اسید به عنوان استاندارد استفاده شد (Ebrahimi et al., 2008).

اندازه‌گیری فلاونوئید کل (TFC)

برای سنجش میزان فلاونوئید، ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره با ۱۵۰ میکرولیتر نیتريت سدیم ۵ درصد، ۳۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلرید ۱۰ درصد و ۱۰۰۰ میکرولیتر استات سدیم یک مولار مخلوط شد؛ سپس با آب مقطر به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شد. جذب مخلوط در طول موج ۳۸۰ نانومتر قرائت گردید. از کوثرستین به عنوان استاندارد استفاده شد. میزان فلاونوئید کل نمونه‌ها بر اساس میلی‌گرم کوثرستین بر گرم وزن خشک گیاه گزارش شد (Chang et al., 2002).

اندازه‌گیری ساپونین کل با روش vanillin-sulfuric acid انجام شد. پایه و اساس این روش بر واکنش اکسید شدن ساپونین‌های تری ترپنوئیدی با وانیلیک اسید مبتنی است. در این واکنش سولفوریک اسید به عنوان اکسید کننده استفاده می‌شود و مشخصه رنگ این واکنش بنفش (ارغوانی) است. برای این منظور به ۱ میلی‌لیتر از عصاره متانولی گیاهی ۳۰۰ میکرولیتر معرف وانیلیک اسید ۰/۷ درصد در سولفوریک اسید ۶۵ درصد اضافه شد. نمونه‌ها ورتکس شدند؛ سپس در حمام آب گرم با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار گرفتند و پس از آن به منظور توقف واکنش، لوله‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب سرد قرار گرفتند. منحنی استاندارد با استفاده از دیوسژنین در غلظت‌های ۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر رسم شد. میزان ساپونین کل در نمونه‌ها بر اساس میلی‌گرم دیوسژنین بر گرم وزن خشک گیاه گزارش شد (Mata et al., 2013).

ارزایی با استفاده از آزمون DPPH

مقدار مشخصی از عصاره برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی به روش DPPH، ۵ برابر رقیق شد. ۳ میکرولیتر از نمونه را داخل لوله آزمایشی ریخته و به آن ۲۰۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH (۶×۱۰^{-۵} مول بر لیتر) اضافه شد. محلول را تکان داده و در دمای آزمایشگاه به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری و جذب در ۵۱۷ نانومتر در اسپکتروفوتومتر قرائت شد. در این روش ویتامین C (آسکوربیک اسید) به عنوان استاندارد استفاده شد. آزمایش‌ها سه بار تکرار، و میانگین آنها گزارش

شد. میزان IC_{50} (غلظتی از هر عصاره که لازم است تا ۵۰ درصد رادیکال‌ها پاک‌سازی شود) برای عصاره‌ها تعیین شد. در این آزمایش غلظت‌های ۱۲۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر برای همه عصاره‌ها تهیه شد. در نهایت درصد به دام‌اندازی رادیکال DPH طبق فرمول ۱ محاسبه شد (Burits and Buar, 2000):

$$(1) \text{ درصد مهار} = (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}} \times 100$$

که در آن:

A_{control} : جذب محلول بلانک در طول موج ۵۱۷ نانومتر

A_{sample} : جذب نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر است.

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه داده‌های به دست آمده با سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل رسم شد. محاسبه همبستگی صفات و دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد.

نتیجه

فنل کل (TPC)

مطابق نتایج جدول ۲، اثر ژنوتیپ، نوع اندام و اثر متقابل ژنوتیپ و اندام در سطح احتمال ۱ درصد، اثر معنی‌داری بر مقدار فنل کل در گیاه دارویی گل ماهور داشت. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد بیشترین مقدار فنل کل ۴۴/۳۵ و ۴۲/۷۵ میلی‌گرم

گالیک اسید بر گرم وزن خشک به ترتیب در اندام ریشه ژنوتیپ (*V. stachydiforme*) G8 و اندام برگ ژنوتیپ G2 (*V. erianthum*) مشاهده شد. کمترین مقدار فنل کل ۰/۱۸ و ۰/۲۱ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک به ترتیب در اندام ریشه ژنوتیپ‌های (*V. pseudo-digitalis* var. *phoenicandrum*) G5 و (*V. sublobatum*) G11 مشاهده شد. با توجه به جدول ۳ ژنوتیپ‌های G7، G11، G23، G33 و G36 ترکیبات فنلی کمتری در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها در اندام‌های خود دارند و مقدار ترکیبات فنلی در اندام‌های ژنوتیپ‌های G1، G2، G8، G12 و G32 در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها بیشتر است.

نمودار جعبه‌ای (Box plot) از یک جعبه و دو میله که از آن بیرون آمده تشکیل شده است. این نمودار روشی غیر پارامتری برای بررسی توزیع داده‌ها است که مشخص می‌کند بیشترین مقادیر در کجا قرار دارد. با توجه به شکل ۲ در این نمودار میانه، که به وسیله خط پر رنگی داخل جعبه مشخص می‌شود، نقطه‌ای است که در آن حداقل نصف داده‌ها (۵۰ درصد) از آن مقدار کمتر باشد. خطوطی که از مستطیل خارج می‌شود شامل بیشترین و کمترین مقدار داده است که از لحاظ آماری پرت نیست. چارک اول (Q) خط ابتدای جعبه است و نقطه‌ای است که نشان می‌دهد ۲۵ درصد داده‌ها از آن کوچک‌تر است. چارک سوم (Q) خط انتهایی جعبه است و نقطه‌ای است که نشان می‌دهد ۷۵ درصد داده‌ها از آن کوچک‌تر است. دامنه میان چارکی (IQR) فاصله بین چارک اول و سوم توسط این شاخص نشان داده می‌شود. داده‌هایی که از کمینه کوچک‌تر و یا از بیشینه بزرگ‌تر است، داده پرت به شمار می‌رود.

جدول ۲- تجزیه و آمار آنس صفات فیتوشیمیایی در ژنوتیپ‌های مختلف گل ماهور

منابع تغییرات	درجه آزادی	فنل کل	فلاونوئید کل	سایونین کل	فعالیت آنتی اکسیدانی (DPPH)
ژنوتیپ	۳۹	۲۶۱/۱۶۶**	۴/۴۶۷**	۲۲۹۲۰/۹۸**	۸۵/۰۷**
اندام	۲	۸۸۶/۹۰۸**	۹۴/۶۱۱**	۳۴۶۴۹/۶۸**	۲۵۸/۳۵**
ژنوتیپ×اندام	۷۸	۱۵۸/۹۵۵**	۲/۶۹۹**	۱۴۴۷۰/۶۸**	۴۵/۷۳**
خطا	۲۳۶	۰/۱۶۰	۰/۰۹	۵/۴۸۶	۰/۳۸۴
C.V %		۳/۴۷	۴/۵۰	۱/۵۰	۱۵/۳۴

** : معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۳- میانگین فنل کل، فلاونوئید کل، فیکالین آنزیم، اسید کل، و سایر ترکیبات در اندام‌های گل، برگ و ریشه ژنوتیپ‌های گل ماهور

ژنوتیپ	گونه	فنل کل (میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک)			فلاونوئید کل (میلی گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک)			فعالیت آنتی اکسیدانی (میکروگرم اسید آسکوربیک بر گرم وزن خشک)			سایپونین کل (میلی گرم دیوسژنین بر گرم وزن خشک)		
		گل	برگ	ریشه	گل	برگ	ریشه	گل	برگ	ریشه	گل	برگ	ریشه
G1	<i>V. erianthum</i>	۲۶,۴۳c	۱۲,۵۳lm	۴,۷۱p	۴,۱۲e	۱,۶۷op	۰,۶۸qr	۱,۰۱c	۱۰d-f	۶,۸۳jk	۱۹۱,۷۳e-g	۱۶۸,۱۷kl	۱۲۲,۸۹n
G2	<i>V. erianthum</i>	۵,۷۵tu	۴۲,۷۵a	۴,۰۱v	۱,۸۲q-s	۶,۳۱a	۰,۴۹st	۵,۳۷jk	۱۴,۵۲a	۷,۷۳ij	۲۱۵,۱۶ef	۱۲۱,۴۱g	۴۰,۴۲v
G3	<i>V. sinuatum</i>	۷,۰۲s	۱۵,۴۱h	۷,۱۱no	۲,۴k-m	۲,۰۵kl	۰,۸۷l-o	۷h	۹,۶d-g	۱۱,۶۵fg	۷۲,۸p	۲۳,۶۱v	۶۰,۰۹t
G4	<i>V. pseudo-digitalis</i>	۶,۱۶t	۲۴,۸۴b	۴,۱pq	۲,۴۵j-l	۳,۲۵d	۰,۸۳m-p	۷,۶۱g	۱۱,۶۴bc	۵,۱۱l	۱۷۰,۲f-l	۱۸۶,۸۴gh	۲۰۴,۲۲z
G5	<i>V. pseudo-digitalis</i>	۰,۹۲۳y	۱۰,۵۸o-q	۰,۱۷۹v	۱,۷۴r-t	۱,۶۲op	۰,۴۶t	۴,۳۶m	۷,۴۹h-j	۱,۶۳n-q	۱۳۰,۳۶i-p	۱۹۳,۲۲fg	۴۹,۰۹u
G6	<i>V. haussknechtianum</i>	۲,۸۴x	۹,۳st	۱,۶۲u	۱,۸rs	۱,۳g	۰,۵۶st	۲,۸۶o-q	۲,۸۴no	۱,۹۷m-p	۲۹۵,۴۶b-d	۲۰۶,۳۱de	۱۴۲,۸۲m
G7	<i>V. stachydiforme</i>	۴,۶۴v	۳,۶۶x	۴,۱۳pq	۲,۰۳o-q	۱,۲۸g	۰,۶۸qr	۰,۷۵w	۱,۴۹op	۳,۱۴m	۲۰۲,۷۳e-g	۲۱۷,۲۲c	۳۰۸,۶۹b
G8	<i>V. stachydiforme</i>	۲۵,۷۶d	۲۵,۵۳b	۴۴,۳۵a	۳,۰۵h	۲,۶۸gh	۳,۵۴a	۱۹a	۷,۰۹ij	۵,۲۲l	۱۵۲,۵g-n	۱۶۵,۲۱l	۳۲۲,۵۶a
G9	<i>V. punalense</i>	۱۳,۱۲l	۷,۱۵v	۸,۲۶lm	۱,۸۹o-q	۱,۲۸g	۰,۸۸l-n	۲,۷۵p-r	۰,۶۹p	۵,۹۹kl	۲۱۴,۴۳de	۱۳۵,۵op	۹۸,۲۲qr
G10	<i>V. stachydiforme</i>	۱۶,۶۱g	۱۸,۳۲de	۱۴,۷۸d	۶,۲۶a	۴,۴۳b	۳,۲b	۶,۰۷i	۱۱,۷۲bc	۱۲,۹۹de	۳۲۰,۱۶a-c	۲۸۸,۹۶a	۲۱۱,۶۹fg
G11	<i>V. sublobatum</i>	۳,۵۱w	۷,۳۳v	۰,۲۱۳v	۱,۵۴t	۱,۲۲g	۰,۴۶t	۱,۵۴u	۵,۴۴kl	۰,۷۲p-r	۲۶۳,۹۳b-d	۱۷۸,۷۴h-j	۸۳,۶۲s
G12	<i>V. szovitsianum</i>	۳۳,۸۳a	۱۰,۶۹o-q	۱,۸۲u	۵,۵۲c	۱,۶۳op	۰,۷۱p-r	۲t	۳,۲۹mn	۰,۸۵p-r	۳۶۵,۱۹g-i	۱۸۴,۱۹g	۱۰۷,۱۶p
G13	<i>V. szovitsianum</i>	۱۰,۵۳m	۲۱,۵۲c	۸,۰۳m	۲,۷۹i	۲,۹۵e	۰,۷۶n-q	۸,۶e	۱۲,۸۶b	۱۳,۶۱c-e	۲۴۴,۶cd	۱۵۰,۳۹mn	۲۲۷,۱۶e
G14	<i>V. szovitsianum</i>	۷,۲۶rs	۱۸,۹۷de	۸,۱۵lm	۲,۰۵o-q	۲,۵۷h	۱,۱۶e-h	۳,۶۹n	۱,۴۸a	۱,۴۱a-d	۳۸۵,۵۶a	۱۵۵,۳۱m	۹۳,۴۲r
G15	<i>V. szovitsianum</i>	۹,۷۱n	۱۳,۴۷j-l	۹,۶ij	۳,۲h	۱,۹۲lm	۱,۲۱ef	۲,۳۸rst	۵,۴۶kl	۵,۳۵a	۱۹۸ef	۱۴۲,۵۶no	۱۰۵,۳۶pq
G16	<i>V. stachydiforme</i>	۲۳,۳۳f	۷,۸۲uv	۸,۸۸kl	۳,۷۲g	۱,۵۳p	۰,۸۵l-o	۳,۶۷n	۳,۳۳mn	۲,۷۱mn	۱۱۰,۲۳m-p	۱۵۳,۸۱m	۱۸۴,۹۶ij
G17	<i>V. haussknechtianum</i>	۶,۹۳s	۱۰,۱۷p-s	۱۲,۸۳e	۲,۶۹ij	۱,۸۷mn	۱,۹۵e-g	۰,۶۳w	۳,۸۲mn	۱,۴۰b-d	۲۹۱,۶۳a-c	۳۱,۰۹p	۳۰۸,۴۹b
G18	<i>V. haussknechtianum</i>	۸,۷۶o	۱۶,۵g	۷,۵۹mn	۳,۲h	۲,۷۹fg	۰,۷۲o-q	۴,۶m	۱۰,۸۷cd	۱۲,۵۲ef	۱۷۷,۴۳f-j	۱۹۹,۵۹ef	۱۵۳,۰۲l
G19	<i>V. erianthum</i>	۱۹,۰۲i	۲۱,۰۷c	۴,۴pq	۴,۷۶d	۳,۴۸c	۰,۸۳m-p	۵,۶j	۵,۶kl	۷,۹۳h-j	۱۱۹,۹k-p	۷۶,۵۹st	۱۱۶,۹۶no
G20	<i>V. erianthum</i>	۲۴,۶۷e	۱۲,۶۲k-m	۶,۵۹o	۵,۸۶b	۱,۹۸lm	۰,۵۹rs	۱۸,۸۷a	۶,۱۸jk	۴,۹۸l	۲۵۶,۱cd	۱۲۹,۸۱p	۹۸,۵۶qr
G21	<i>V. erianthum</i>	۶,۸۳s	۱۰,۶۴o-q	۸,۲۱lm	۱,۸۸p-r	۱,۹۲lm	۰,۸۸l-n	۸,۲ef	۳,۰۹n	۹h	۱۹۵,۸e-g	۱۸۰,۶۹h-j	۱۶۳,۰۹k
G22	<i>V. songaricum</i>	۱۱,۰۲m	۱۱,۲۷no	۱۴,۱۵d	۲,۶۵ij	۲,۰۶kl	۱,۲e-g	۸,۵۴e	۸,۱۸g-i	۱۳,۲۹de	۳۲۰,۲۳a-c	۱۳۵,۵۱op	۲۳۳,۴۹d
G23	<i>V. songaricum</i>	۷,۰۵s	۵,۸۸w	۳,۴۸rst	۲,۰۳o-q	۱,۴۹p	۰,۴۷st	۳,۱۸op	۲,۸no	۲,۳۳m-o	۱۸۶,۵۶e-i	۲۴۱,۰۴b	۵۳,۴۹u
G24	<i>V. songaricum</i>	۷,۵۲qr	۱۲,۶۵k-m	۹,۰۸jk	۲,۱۶no	۲,۲۶ij	۰,۹۶j-l	۰,۶۲w	۴,۲۲l-n	۱۰,۸۷g	۲۷۶,۲۶cd	۱۷۳,۳۱j-l	۱۱۳,۴۹p
G25	<i>V. songaricum</i>	۲۱,۸۲g	۱۳,۵۸jk	۴,۲۳pq	۳,۹۵f	۲,۲jk	۰,۸۴l-o	۲,۱۱st	۸,۶۸f-h	۸,۰۴hi	۱۷۲,۵۳f-k	۱۷۸,۲۲h-j	۵۴,۶۲u
G26	<i>V. songaricum</i>	۵,۳۳u	۹,۷۵rs	۷,۱۱no	۲,۳۳l-n	۲,۲۹ij	۰,۷۲pq	۱,۲۴uv	۳,۳۱mn	۱۱,۴۸fg	۱۳۵,۷h-o	۱۰۱,۹۱r	۱۰۸,۶۲p
G27	<i>V. stachydiforme</i>	۸,۲۴op	۱۸,۰۴ef	۱۳,۰۵e	۱,۶۱st	۲,۲۸ij	۱,۲۷e	۵,۰۵kl	۹,۲۴e-g	۱,۴۶a-c	۹۸,۴۶n-p	۱۹۰,۱۹fg	۵۸,۱۶u
G28	<i>V. stachydiforme</i>	۳,۴۸w	۵,۲۸w	۱۱,۱۶g	۰,۷۵u	۱,۲g	۱,۰۶h-j	۰,۹۸vw	۲,۶۸no	۸,۹۷h	۱۲۹,۶۶i-p	۷۴,۹۱st	۲۰۵,۴۲gh
G29	<i>V. stachydiforme</i>	۱۳,۱۲l	۱۴,۲۸ij	۱۷,۱۲c	۳,۰۲h	۱,۷۲no	۱,۰۹f-i	۷,۷۳g	۱۰,۵۴c-e	۱,۴۵۶a-c	۱۰۵,۳۶n-p	۶۷,۱۹tu	۱۱۱,۷۶op
G30	<i>V. haussknechtianum</i>	۱۹i	۱۹,۲۱d	۳,۲۵st	۳,۱۶h	۳,۱۶d	۰,۸۲m-p	۲,۵۲q-s	۲,۶۷no	۵,۴۷l	۱۱۳,۶۱p	۱۳۳,۰۴op	۸۱,۴۹s
G31	<i>V. haussknechtianum</i>	۲۰,۰۳h	۹,۶۵rs	۱۰,۴۹gh	۳,۶۳g	۱,۶۱op	۱,۵۶d	۶,۱۳i	۰,۳۸p	۱۵,۲۸a	۱۱۴,۵۶l-p	۱۱۹,۵۴g	۲۶۴,۳۶c
G32	<i>V. haussknechtianum</i>	۲۷,۴۲b	۲۵,۱۴b	۱۰,۰۴hi	۵,۶۹bc	۲,۸۸ef	۱,۰۸g-j	۹,۱۴e-g	۱۱,۲b	۹,۱۴e-g	۹۰,۴۳n-p	۱۷۷,۰۶i-k	۲۳۰,۳۶ef
G33	<i>V. sublobatum</i>	۷,۲۵rs	۶,۱۳w	۷,۱۴no	۲,۱۶no	۱,۵۱p	۳,۵a	۱,۰۳vw	۶,۱۵jk	۱,۴۶۴a-c	۱۳۵,۱۶h-o	۱۳۸,۶۶op	۹۷,۳۶qr
G34	<i>V. sublobatum</i>	۸,۰۶pq	۱۰,۸۸op	۳,۹۱q-s	۲,۱op	۱,۸۲mn	۰,۹k-m	۴,۶۹lm	۴,۶۷lm	۲,۲۱m-o	۱۰۹,۲۳m-p	۲۰۴,۴۱e	۲۰۸,۳۶hi

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است.

جدول ۳ (ادامه) - میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است.

ژنوتیپ	گونه	فنل کل			فلاونوئید کل			فعالیت آن‌تی اکسیدانی			سایپونین کل		
		(میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک)			(میلی گرم کوثرسیتین بر گرم وزن خشک)			(میکروگرم اسید آسکوربیک بر گرم وزن خشک)			(میلی گرم دیوسژنین بر گرم وزن خشک)		
		گل	برگ	ریشه	گل	برگ	ریشه	گل	برگ	ریشه	گل	برگ	ریشه
G35	<i>V. sublobatum</i>	۱۰/۵۳m	۱۱/۹۴mn	۳۸/۲۴b	۲/۳۶lmn	۱/۴۷p	۳/۴۳a	۹/۳d	۳/۷۲mn	۸/۵۶hi	۱۱۶/۶۳k-p	۱۱۵/۱۱g	۲۱۱/۹۶h
G36	<i>V. szovitsianum</i>	۷/۸۷pq	۸/۴۲tu	۰/۳۵v	۱/۸۱rs	۱/۹۱lm	۰/۵۱st	۱/۵u	۳/۵۵mn	۲/۵m-o	۱۹۵/۳۶e-g	۲۱۳/۲۹cd	۲۹/۲۲w
G37	<i>V. sublobatum</i>	۱۳/۶۹l	۸/۴۰tu	۲/۸۸t	۲/۶ijk	۱/۵۶op	۰/۵۶st	۹/۶۲cd	۴/۲۱l-n	۰/۳۴p-r	۸۷/۳۶op	۱۶۵/۳۶l	۴۱/۲۲v
G38	<i>V. sublobatum</i>	۸/۳۹op	۱۴/۷۲hi	۱/۲۴u	۲/۱۷no	۲/۳۹i	۰/۴۸st	۳/۲۷no	۶/۵۸ik	۱/۳۲o-r	۱۲۵/۵۶k-p	۱۷۷/۰۲h-k	۴۰/۰۹v
G39	<i>V. sublobatum</i>	۹/۸۹mn	۱۴/۱۷ij	۹/۷۵ij	۳/۶۹g	۳/۱۹d	۱/۷۳c	۵/۶۳j	۷/۱۷ij	۱۵/۰۵ab	۱۲۶/۱۳k-p	۶۱/۱۱u	۱۰۷/۶۹p
G40	<i>V. sublobatum</i>	۱۵/۹۶k	۱۷/۱۷fg	۱۱/۸۸f	۲/۲۴m-o	۲/۱۴jk	۱i-k	۷/۹۴f	۹/۳۷e-g	۱۲/۶۱ef	۹۹/۱۶n-p	۷۸/۲۱s	۹۷/۲۱qr

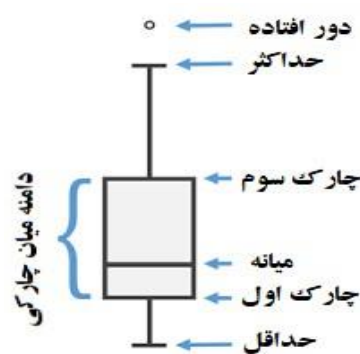
میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است.

اندام ریشه (۳۸/۲۴ و ۴۴/۳۵ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک) مشاهده می‌شود که این داده‌ها از بیشینه بزرگ‌تر است.

فلاونوئید کل (TFC)

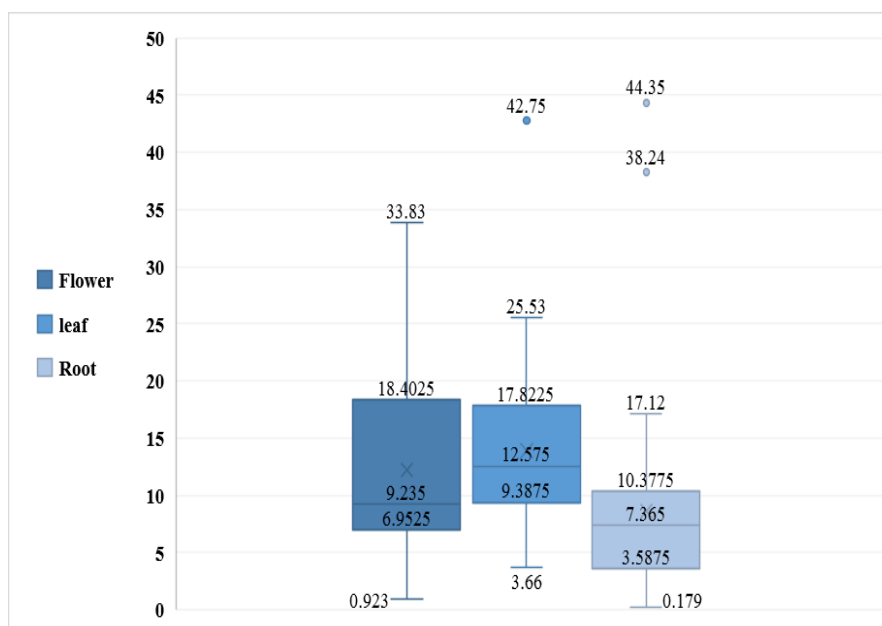
نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد ژنوتیپ، نوع اندام و اثر متقابل ژنوتیپ و اندام در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر مقدار فلاونوئید کل در گل ماهور دارد (جدول ۲). بیشترین مقدار فلاونوئید کل در اندام برگ ژنوتیپ *G2 (V. erianthum)* ۶/۳۱ میلی‌گرم کوثرسیتین بر گرم وزن خشک و اندام گل ژنوتیپ *G10 (V. stachydiforme)* ۶/۲۶ میلی‌گرم کوثرسیتین بر گرم وزن خشک مشاهده شد (جدول ۳). کمترین مقدار فلاونوئید کل در اندام ریشه ژنوتیپ *(V. pseudo-digitalis var. G5phoenicandrum)* و *G11 (V. sublobatum)* مشاهده شد.

نمودار جعبه‌ای (شکل ۴) نشان می‌دهد مقدار فلاونوئید در اندام گل، دامنه تغییرات بزرگ‌تری در مقایسه با دیگر اندام‌ها دارد. همچنین در نمودار جعبه‌ای اندام گل خط میانه به لبه پایینی مستطیل نزدیک‌تر است؛ بنابراین نتیجه می‌گیریم که داده‌ها به سمت مقادیر بزرگ‌تر، و دارای چولگی مثبت است؛ یعنی مقدار فلاونوئید کل در بیشتر از ۵۰ درصد ژنوتیپ‌ها بیش از ۲/۴۲ میلی‌گرم کوثرسیتین بر گرم وزن خشک است. میانه در اندام برگ ۱/۹۵ میلی‌گرم کوثرسیتین بر گرم وزن خشک و در اندام ریشه ۰/۸۶ میلی‌گرم کوثرسیتین بر گرم وزن خشک است.

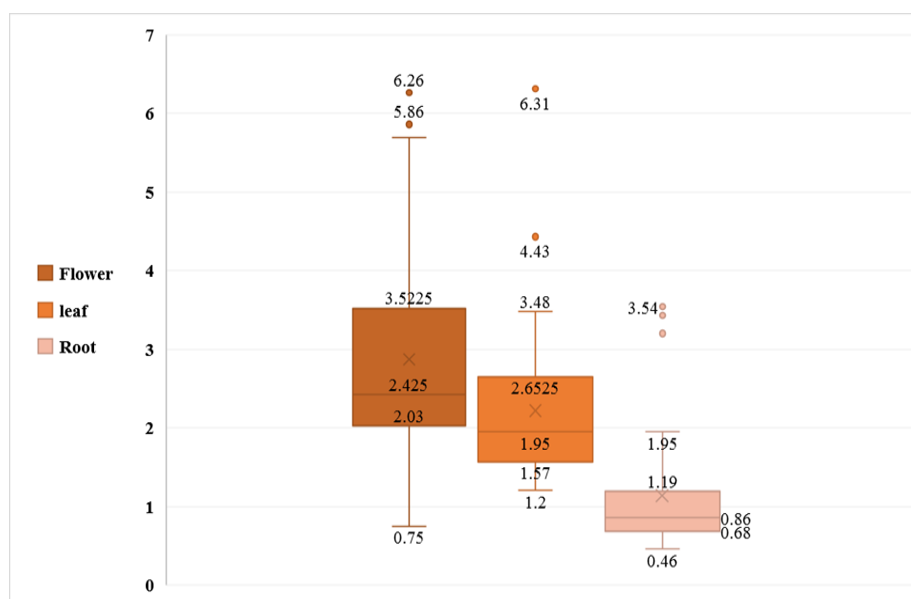


شکل ۲- توضیحات نمودار باکس پلات

با توجه به این توضیحات، نمودار جعبه‌ای برای نشان دادن توزیع پراکندگی فنل کل در سه اندام گل، برگ و ریشه رسم شد (شکل ۳). نمودار جعبه‌ای اندام گل نشان می‌دهد مقدار فنل کل در اندام گل، دامنه تغییراتی بیشتری در مقایسه با دیگر اندام‌ها دارد؛ بنابراین می‌توان گفت مقدار فنل کل در اندام گل، بیشتر تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط محیطی قرار می‌گیرد. دامنه تغییرات در ریشه بین ۳/۵۸ تا ۱۰/۳۷ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک است که در مقایسه با دیگر اندام‌ها دامنه تغییرات کوچک‌تری است؛ پس می‌توان گفت اندام ریشه، کمتر تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط محیطی قرار می‌گیرد. داده‌های پرت در اندام برگ (۴۲/۷۵ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک) و



شکل ۳- توزیع پراکندگی فنل کل در سه اندام گل، برگ و ریشه ژنوتیپ‌های گل ماهور



شکل ۴- توزیع پراکندگی فلاونوئید کل در سه اندام گل، برگ و ریشه ژنوتیپ‌های گل ماهور

فعالیت آنتی اکسیدان (DPPH)

اثر ژنوتیپ، نوع اندام و اثر متقابل ژنوتیپ و اندام در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی در گل ماهور دارد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد بیشترین مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی در اندام گل ژنوتیپ G8

(V. stachydisforme) و ژنوتیپ *(V. erianthum)* G20 مشاهده

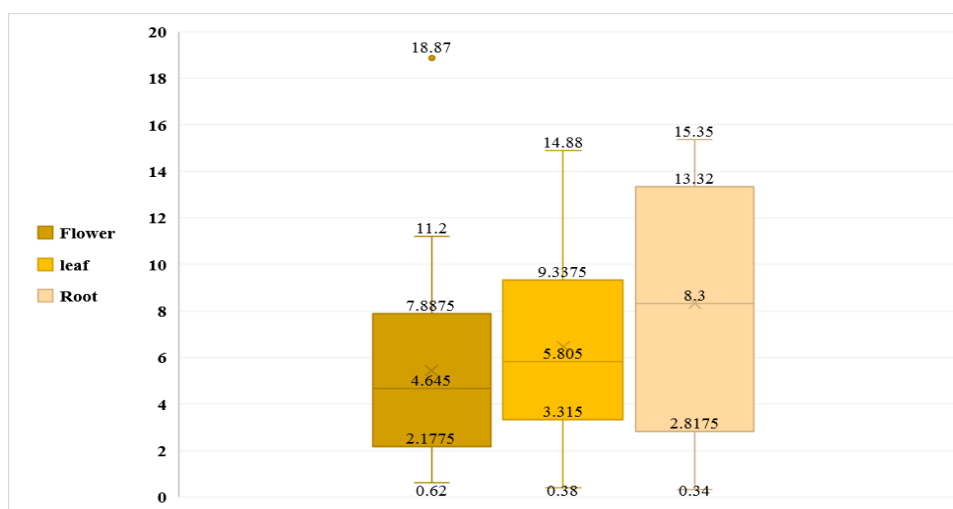
شد (جدول ۳). نمودار جعبه‌ای نشان می‌دهد ارتفاع نمودار جعبه‌ای در اندام ریشه بیشتر از دیگر اندام‌ها است؛ بنابراین دامنه تغییرات فعالیت آنتی اکسیدانی در اندام ریشه، بیشتر از اندام گل و اندام برگ است (شکل ۵).

سه اپوزن کل (TSC)

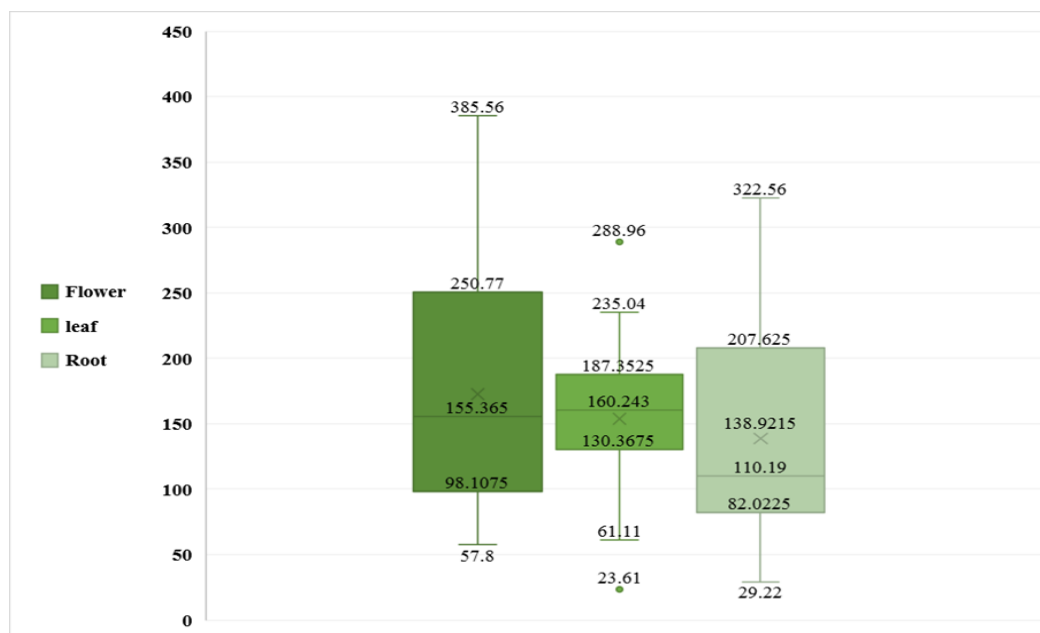
(جدول ۳).

مقدار دامنه تغییرات ساپونین کل در اندام گل و اندام ریشه ژنوتیپ‌های گل ماهور در مقایسه با اندام برگ بیشتر است (شکل ۶). میانه در نمودار جعبه‌ای اندام برگ ۱۶۰٫۲۴ میلی‌گرم دیوسژنین بر گرم وزن خشک است که در مقایسه با اندام گل (۱۵۵٫۳۶ میلی‌گرم دیوسژنین بر گرم وزن خشک) و اندام ریشه (۱۳۸٫۹۲ میلی‌گرم دیوسژنین بر گرم وزن خشک) بیشتر است؛

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر ژنوتیپ، نوع اندام و اثر متقابل ژنوتیپ و اندام در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر مقدار ساپونین کل در گل ماهور دارد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشخص شد بیشترین مقدار ساپونین کل اندام گل، اندام برگ و اندام ریشه به ترتیب در ژنوتیپ‌های G8 (*V. stachydiforme*)، G14 (*V. szovitsianum*) و G10 (*V. stachydiforme*)



شکل ۵- توزیع درصد اکسیدان در سه اندام گل، برگ و ریشه ژنوتیپ‌های گل ماهور



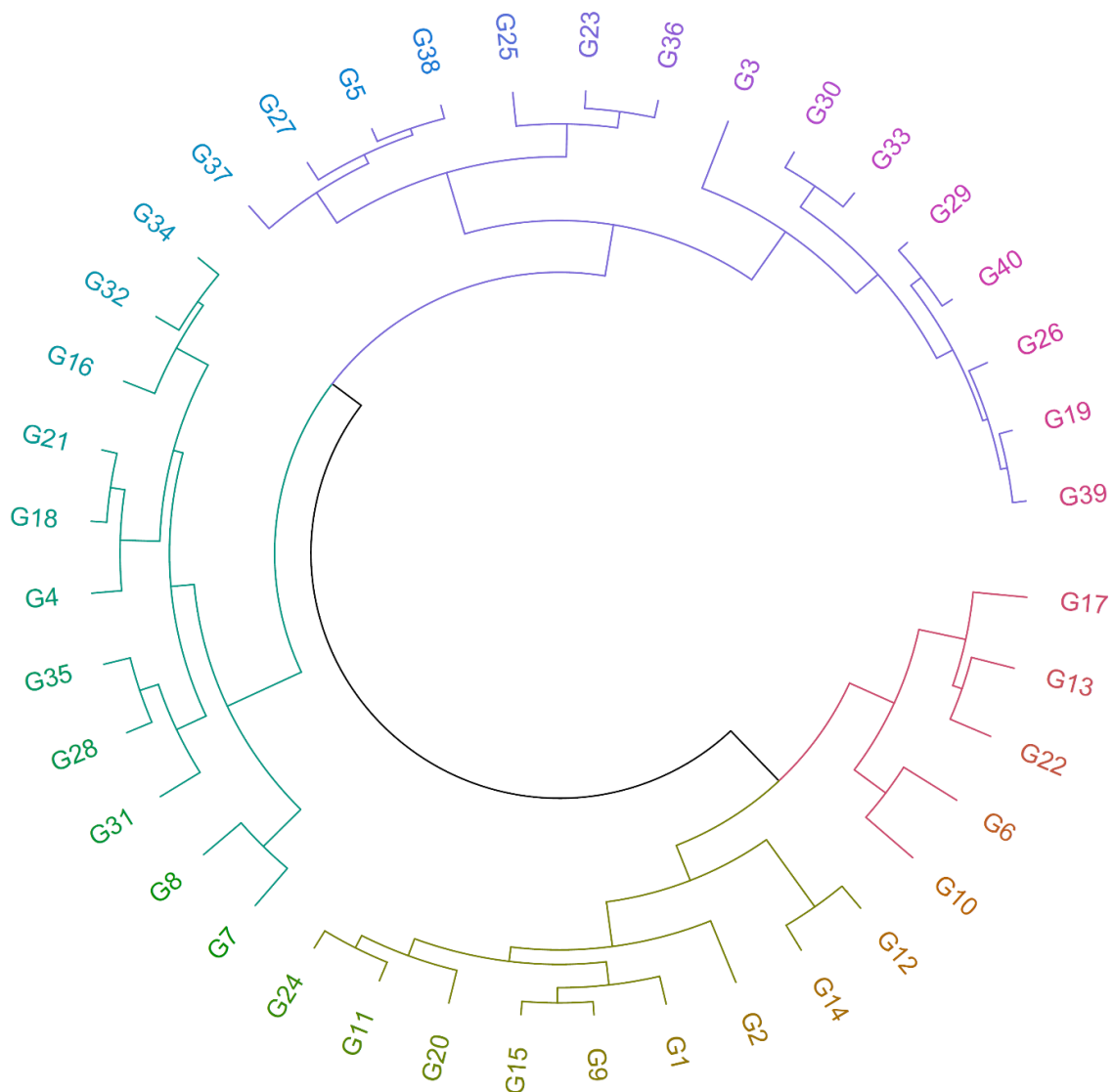
شکل ۶- مقایسه میانگین سه اپوزن کل در اندام گل، برگ و ریشه ژنوتیپ‌های گل ماهور

بیشترین مقدار ساپونین کل در اندام گل را در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها دارد. ژنوتیپ‌های G15, G9, G1, G2, G14, G12, G20, G11 و G24 در گروه دوم قرار گرفتند. با توجه به نقشه حرارتی این گروه دارای مقدار زیادی ساپونین در اندام گل و مقدار متوسطی فنل کل در اندام‌های خود است. ژنوتیپ‌های G7, G8, G31, G28, G35, G4, G18, G21, G16, G32 و G34 به دلیل ساپونین زیاد در اندام ریشه در یک گروه قرار گرفتند. گروه چهار در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها کمترین مقدار ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و مقدار زیاد ساپونین در اندام برگ را داشت. ژنوتیپ‌های گروه پنجم به دلیل کمترین مقدار ساپونین در اندام‌های خود در یک گروه قرار گرفتند.

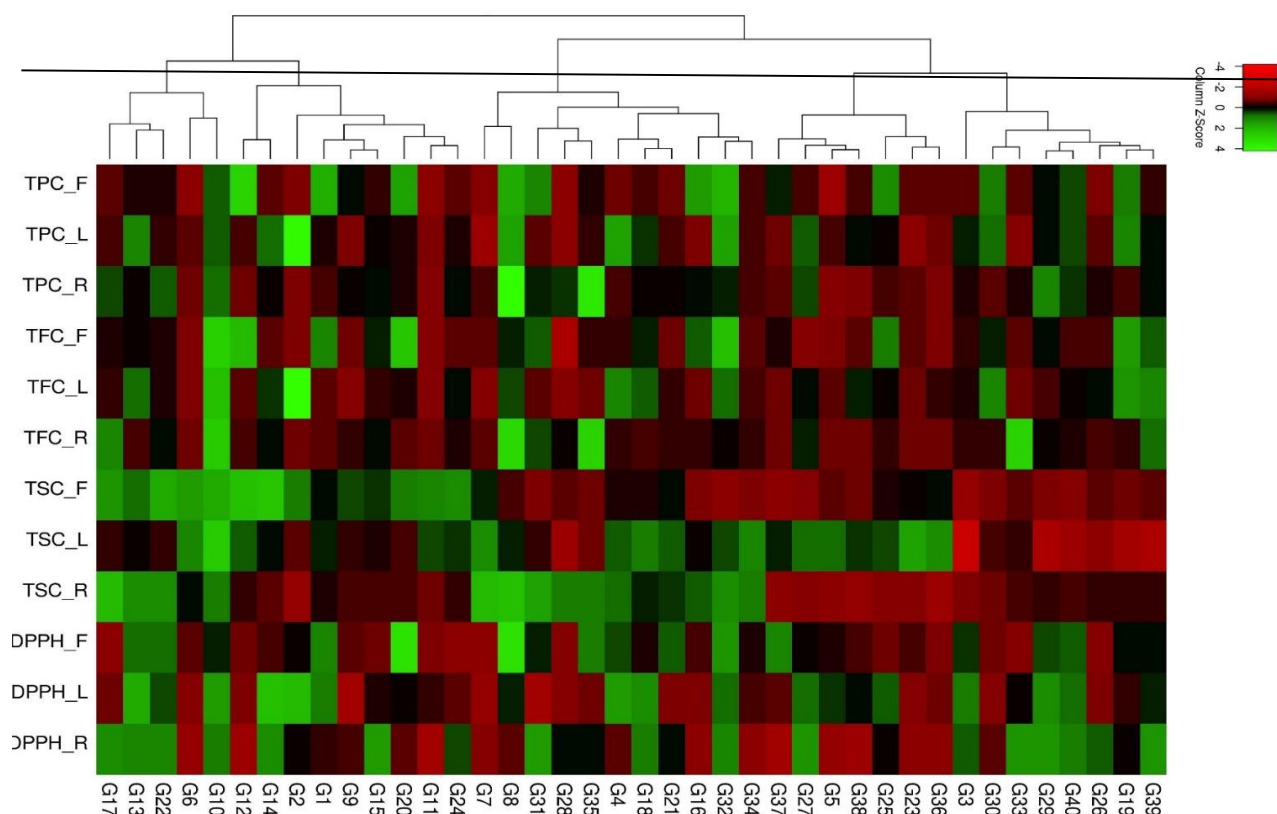
بنابراین می‌توان گفت مقدار ساپونین کل در اندام برگ در کمتر از ۵۰ درصد ژنوتیپ‌ها بیشتر از دیگر اندام‌ها است؛ چون مقدار عددی میانه در اندام برگ، بیشتر از دیگر اندام‌ها است.

دسته بندی ژنوتیپ‌ها ۱

دسته‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به روش *optc* و بر اساس ترکیبات اندازه‌گیری شده رسم شد (شکل‌های ۷ و ۸). بر اساس این خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها به ۵ گروه اصلی تقسیم شدند. در گروه اول ژنوتیپ‌های G17, G13, G22, G6 و G10 قرار گرفته‌اند. با توجه به نقشه حرارتی (شکل ۸) مشخص می‌شود این گروه بالاترین مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی اندام ریشه و



شکل ۷- کلاس‌بندی ژنوتیپ‌ها ۱ بر اساس ترکیبات مختلف گل ماهور



شکل ۸- کلاسه‌بندی بر اساس ترکیب و نقشه حرارتی ژنوتیپ‌های مختلف گل ماهور

همبستگی بین ترکیبات فیتوشیمیایی

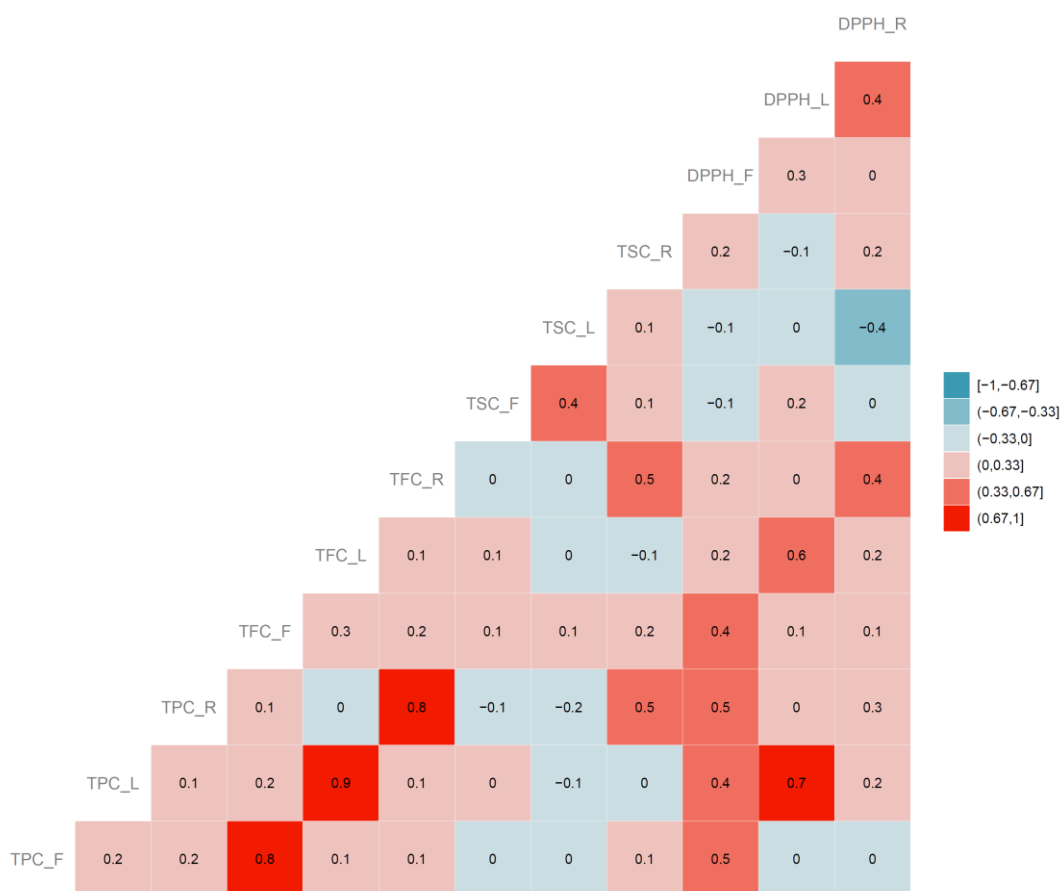
در شکل ۹، همبستگی بین ترکیبات فیتوشیمیایی اندازه‌گیری شده به نمایش درآمده است. با توجه به شکل ۹، طیف رنگ آبی به منزله همبستگی منفی و طیف رنگ قرمز به منزله همبستگی مثبت است. با افزایش شدت رنگ، مقدار همبستگی افزایش می‌یابد. همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بین مقدار فنل کل و فلاونوئید کل در اندام گل ($r=0.8$)، اندام برگ ($r=0.9$) و اندام ریشه ($r=0.8$) مشاهده شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین مقدار ترکیبات فنلی با مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی در اندام‌های گل، برگ و ریشه مشاهده شد (شکل ۹). با افزایش مقدار ترکیبات فنلی گیاه، حضور عوامل هیدروکسیل در واکنش افزایش پیدا می‌کند؛ در نتیجه احتمال انتقال هیدروژن به رادیکال آزاد و توانایی مهارکنندگی عصاره افزایش می‌یابد (Armi et al., 2021).

بحث

گونه‌ها و ژنوتیپ‌های گیاهان دارویی که در شرایط مختلف

محیطی رشد کرده‌اند از نظر فیتوشیمیایی ناهمگن هستند؛ بنابراین برای اهلی‌سازی و استفاده دارویی از این گیاهان، ارزیابی هویت ژنتیکی و شیمیایی آنها ضروری است (Benth 2002). بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که ژنوتیپ‌های G2، G8، G10 و G14 از بسیاری جهات (مقدار فنل کل، فلاونوئید کل، ساپونین کل و فعالیت آنتی اکسیدانی) بر دیگر ژنوتیپ‌ها برتری دارند. این ژنوتیپ‌های برتر به شهرستان‌های استان آذربایجان غربی (مهاباد، سردشت و بوکان) و استان کردستان (شهرستان سقز) مربوط هستند. در ژنوتیپ‌های این تحقیق مقدار فنل کل در اندام برگ ژنوتیپ‌های مختلف گل ماهور از ۳/۶۶ تا ۴۲/۷۵ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک متغیر بود. در تحقیقی که توسط Armi و همکاران (۲۰۲۲) انجام شد، مقدار فنل کل در اندام برگ گونه‌های مختلف گل ماهور بین ۷/۱۳ تا ۳۲/۸۳ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک متغیر بود.

با توجه به تحقیقاتی که تاکنون انجام شده است، مشخص می‌شود، کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه در گیاهان علاوه بر ژنتیک و محیط، تحت تأثیر نوع اندام و مرحله نمو گیاه قرار



شکل ۹- همبستگی بین ترکیبات فیتوشیمیایی در اندام‌های مختلف ژنوتیپ‌های گل ماهور

خواهند گرفت. اندام‌های مختلف گیاهان از توان متفاوتی برای تولید متابولیت‌های ثانویه برخوردار هستند (Bima *et al.*, 2020). در تحقیقی مشخص شد اندام برگ گونه‌های مختلف گل ماهور در مقایسه با اندام گل این گیاه ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری دارد (Amini *et al.*, 2017). بررسی دیگری روی گیاه زرشک نشان داد، بیشترین مقدار ترکیبات فنلی در اندام برگ این گیاه موجود است (Zoko *et al.*, 2010). در تحقیقی مشخص شد بیشترین مقدار ترکیبات فنلی در اندام برگ گیاه شایبزرگ و کمترین مقدار آن در ساقه است (Khatir *et al.*, 2011). Ni and Mandrani *et al.*, 2011). ترکیبات فنلی توسط نور خورشید در گیاهان ساخته، و در اندام‌های مختلف ذخیره می‌شود. سنتز این ترکیبات در گیاهان به بافت و اندام وابسته است و توسط فاکتورهای محیطی، ژنوتیپ و نوع عادت رشدی گیاه، سن گیاه، بلوغ برگ و... تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Amini *et al.*, 2017).

در نمودار جعبه‌ای، توزیع پراکندگی داده‌ها در هر اندام

مشخص شده است. با توجه به نتایج داده‌های نمودارهای جعبه‌ای مشخص می‌شود مقدار فنل کل، فلاونوئید کل و ساپونین کل در اندام گل اکثر ژنوتیپ‌ها، بیشتر از دیگر اندام‌ها بود. در تحقیقی درباره گیاه دارویی مرزه سهندی، مشخص شد که نوع اندام و عوامل محیطی نقش بسیار زیادی در مقدار و تنوع مواد مؤثر این گیاه دارد (Abatabaie *et al.*, 2007). گیاهان جنس *Verbascum* منع سرشاری از ساپونین‌ها هستند. با توجه به ارزیابی انجام شده مشخص می‌شود مقدار قابل توجهی ترکیبات ساپونینی در اندام‌های هوایی و ریشه ژنوتیپ‌های مختلف گل ماهور وجود دارد. بیشترین مقدار ساپونین کل (۳۸۵/۵۶ میلی گرم دیوسژنین بر گرم وزن خشک) در اندام گل ژنوتیپ *G14 (V. szovitsianum)* مشاهده شد. در تحقیقی مقدار ساپونین استخراج شده از ریشه و بخش‌های هوایی *V. speciosum* به ترتیب ۴۲/۲۷ درصد و ۱۶/۱۱ درصد بود که نشان داد مقدار ساپونین کل در اندام ریشه گل ماهور در مقایسه با بخش‌های هوایی بیشتر بود (Karman and

فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های گیاهی نیستند و اثر همسو یا حتی متضاد آنها با ترکیبات دیگر آنتی اکسیدانی از جمله رنگیزه‌های کاروتنوئیدی، توکوفرل‌ها، تریپ‌ها و کربوهیدرات‌ها در مجموع تعیین‌کننده میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آنها است (Kararman et al., 2018). گونه‌های جنس *Verbascum* در سال‌های اخیر در صنعت داروسازی مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد شمال غرب کشور، تنوع فیتوشیمیایی قابل ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های مختلف گل ماهور دارد و برداشت از طبیعت به کاهش این تنوع منجر نشده است. این ممکن است به دلیل حجم محدود برداشت از این گونه‌ها باشد؛ زیرا گل ماهور در مناطق کوهستانی رشد می‌کند و دسترسی به آن دشوار است.

در هر حال با توجه به افزایش تقاضا برای منابع گیاهی، اجرای برنامه‌های کشت، اصلاح و بررسی تنوع ژنتیکی و فیتوشیمیایی بین ژنوتیپ‌های مختلف، ضروری به نظر می‌رسد. اساس ژنتیکی این تنوع، ما را قادر می‌سازد ارقام مناسب با سازگاری زیاد، ویژگی‌های رشد مطلوب و متابولیت‌های ثانویه غنی را به برنامه‌های اهلی سازی و اصلاح وارد کنیم.

References

- Amiri S, Hassani A, Alirazlu A, Miri R 2017. Investigation of genetic diversity among *Verbascum* species in West Azarbaijan province by morphological and molecular markers. *Journal of Horticulture* 24 #3 \$123-142.
- Amiri S, Hassani A, Alirazlu A, Miri R 2020. Evaluation of phenolic compound and antioxidant activity in leaves of different *Verbascum* L. species in West Azarbaijan province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 36 #3 \$466-482.
- Arrif S, Bekhal M, Long C, Lavud C, David B. 2006. Glycosylated iridoid and a triterpene saponin from *Verbascum thapsus*. *Journal of Natural Products* 3 #4 \$29-262.
- Berth J. 2002. Genetic and morphological characteristics in selection of medicinal and aromatic plants. *Acta Horticulturae* 565 #1 \$128.
- Birava S, Yavari A, Karpour M 2020. A study on the quality and quantity of essential oil from different parts of *Salvia mirzayanii* Benth. & Esfandi. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 35 #6 \$914-924.
- Burits M, Buar F. 2000. Antioxidant activity of *Nigella arvensis* essential oil. *Phytotherapy Research* 14 #5 \$323-328.
- Carter H, Elias H, Ernst E. 2005. Bringing medicinal plants into cultivation: opportunities and challenges for biotechnology. *Journal of Biotechnology* 23 #4 \$180-185.
- Ghasdou, 2015. در تحقیقی دیگر مقدار ساپونین کل در پوست گیاه *Butea monosperma* ۶۵/۶۶ میلی‌گرم بر گرم اکری والانت دیوسژنین بود (Bibko and Ruzmslay a, 2004). در مطالعه‌ای ریشه گیاه کینوا در مقایسه با دیگر اندام‌ها (برگ‌ها، بذرها، ساقه و سبوس) بیشترین مقدار ساپونین کل را داشت (۱۳/۳۹ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک). Dung و همکاران (۲۰۱۹) مقدار ساپونین کل در اندام برگ *Launaea sarmentosa* را ۱۰/۸ درصد گزارش کردند.
- در این تحقیق همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فعالیت آنتی اکسیدانی و مقدار ترکیبات فنلی وجود دارد. نتایج تحقیقات پرشماری، همبستگی قوی بین محتوی ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاهان را نشان می‌دهد (Ferand et al., 2012; Slaiman et al., 2011; Agha et al., 2007). با توجه به نتایج این بررسی اندام ریشه در مقایسه با اندام برگ و گل فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری از خود نشان داده است؛ در حالی که اندام ریشه ژنوتیپ‌ها در مقایسه با اندام‌های هوایی مقدار ترکیبات فنلی کمتری دارند. اگر چه ترکیبات فنلی، فعالیت ضد رادیکالی بالایی دارند، به نظر می‌رسد این ترکیبات تنها اجزای مسئول
- Chng Q, Zuo Z, Harrison F, Chw M 2002. Hawthorn. *Journal of Clinical Pharmacology* 42 #6 \$ 605 612.
- Dung N, Binh N, Hung Q, Tan N, Lam D. 2019. Spin, polyphenol, flavonoid content and α -glucosidase inhibitory activity, antioxidant potential of *Launaea sarmentosa* leaves grown in ba tre province Vietnam. *International Journal of Food Science and Technology* # \$51-5
- Ebrahimi M, Hossaini S, Hamidia A, Jaafari M 2008. Antioxidant and free radical scavenging activity of *Feijoa sellowiana* fruits peel and leaves. *Pharmacology online* 157-14.
- Ferand d, Ora AM, Sousa R, L, Suto R, CK, M, Mias W, Albuquerque G, R, Souza C, O, S, d Assis T 2012. Total phenolic content and antioxidant activity of some Malvaceae family species. *Antioxidants* 1 # \$ 33-43.
- Lim JG, Park HM, Yoon KS 2020. Analysis of saponin composition and comparison of the antioxidant activity of various parts of the quinoa plant *Chenopodium quinoa* Willd. *Food and Nutrition* 8 # \$694-702.
- Kararman R, Ghasdou F. 2015. Study of saponin content in aerial parts and roots of the *verbascum* L. species. *Iranian Journal of Plant Biology* 28 #3 \$5603.
- Kararman R, Asadpour M, Yari S 2018. Antioxidant activity of *Glycyrrhiza glabra* L. extract and protective effect of

- its leaf extract on ethanol-induced phototoxicity in male rats. *Journal of Ilan University of Botany* 26 #551-12.
- Khatir M, Mandrari M. 2011. On total flavonoid and phenolic content of aerial parts of *Atropa belladonna* L. in the jungle province of Iran. *Iranian Journal of Medicinal Plants* 252-7.
- Mutaf A, Saha J, El-Sayed M, Ito S, Iida T, Yamashita N, Higuchi M. 2013. Agrostidin, a potent antifungal compound and secondary metabolite analysis from *Allium nigrum* L. *Phytochemistry* 106 #25274-280.
- Prasad M, Mithi K, Lathole V. 2010. Pharmacological properties of *Verbascum thapsus* – a review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 5 73-77.
- Prieto VM, Runkley A. 2004. Composition of fatty acid from seed of the *Verbascum* L. species grown in the region of Murcia. *Food Chemistry* 40572-77.
- Rag KH. 1981. Flora Iranica, *Scrophulariaceae* I, Akad. Druck-u. Verlagsanstalt, Graz Austria 134.
- Slaiman S, Yusof NM, Elid IM, Sw EM, Sjak AAB, Othman KL. 2011. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of the Malaysian bananas. *Musa* spp. *Journal of Food Composition and Analysis* 24 #551-10.
- Silva M, Haidan J, Javid Ebrahim S, Soboli A, Gorji M, Majidi M. 2019. Metabolic diversity and genetic association between wild populations of *Verbascum songoricum*. *Scrophulariaceae*. *Industrial Crops and Products* 1375112-125.
- Shirazi F. 2007. Notes on the distribution and taxonomy of *Verbascum* in Iran. *Iranian Journal of Botany* 31 #530-32.
- Tabatabaei R, Khalig A, Kash A, Asmashri S, Naderi B, Dabizadeh A. 2007. Antioxidant activity and chemical compositions of essential oil of aerial parts of *Satureja sahendica* Bornm. *Iranian Journal of Medicinal Plants* 351-6.
- Talib R, Alkhatib Z. 2004. Chemical constituents of *Verbascum* L. species. *Journal of Medicinal Plants* 295 93-107.
- Tawfik K, Alali FQ, Ghraibeh M, Naderi M, El-Elimat T. 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Food Chemistry* 104 #51372-1378.
- Talib R, Alkhatib ZS, Baktash E, Khan IA. 2004. Spinning, irradiation, phenolic and monoterpene glycosides from *Verbascum pterocalycinum* var. *mutense*. *Turkish Journal of Chemistry* 28 #5111-122.
- Zolotarova K, Kronic M, Kronic D, Karlovic K. 2010. Evaluation of antioxidant activities and phenolic content of *Berberis vulgaris* L. and *Berberis croatica* Horvat. *Food and Chemical Toxicology* 4852176-21.