Iranian Journal of Biological Sciences.2022; 17(3):1-18

Original Article

Iranian Journal of Biological Sciences

https://zisti.iauvaramin.ac.ir

Evaluation of phenotypic diversity of hawthorn plant (*Crataegus spp.*) by using digital colorimetric technology (RGB model) and the method of investigating fruit appearance traits in Sahand protected area in East Azerbaijan province

Seyed Mohammadali Khajeddini[*1]

1. Instructor, Department of Horticultural Sciences, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran

place of research: Sahand Protected Area, between Ajabshir and Maragheh, East Azerbaijan

Article Info

Article History:
Recived 11.17.2022
Revised 12.21.2022
Accept 2.12..2023
Online 2.12..2023

KeyWords:
Phenotypic diversity
hawthorn
calorimetry

***Corresponding author:**
E-mail address

makhajedini@m-iau.ac.ir

Abstract

Introduction: Hawthorn whose scientific name is *Crataegus spp* belongs to the genus Rosacea and the shape of its fruit is spherical to oval in yellow, orange, red, purple and black colors. One of the main centers in which the genetic diversity of this genus can be found is from Turkey to Iran. More than one thousand species of hawthorn have been identified in the world, including 22 species in Iran from which 9 species can be found in East Azerbaijan.
Aim: Evaluation and verification of digital colorimetric technology (RGB model) as a new method in studying hawthorn plant phenotypic diversity and the generalization of this technology in studying the phenotypic diversity of other plant communities in Iran.
Materials and methods: Digital colorimetric technology is a branch of biology that uses quantitative and statistical methods to evaluate color differences in a plant. Qualitative studies produce a detailed descriptive image; however, colorimetric technology produces tables with a list of analytic data so precise that the naked eye is unable to visualize the color differences. This research was performed by digital colorimetric technology from a total of ten thousand numerical data extracted from 300 fruits (with 900 image samples) from 60 populations of hawthorn trees by computer software Image pro plus (RGB model) and based on the scatter diagrams and hierarchical clustering, high and reliable phenotypic diversity was obtained in the sixty studied populations. The second method was carried out by examining the external characteristics by photographing the three lateral parts, the gill and the junction of the fruit tail in 900 fruits (with 2700 image samples).
Results: The Visual evaluation of the shape and color of the photographed fruits obtained a relatively low phenotypic variation and with low accuracy compared to the previous method in the sixty studied hawthorn populations.
Conclusion: Evaluation of phenotypic diversity by digital colorimetric technology can be a suitable alternative in comparison with the method of molecular markers with low cost and saving time with accurate and reliable results. This digital colorimetric technology was generalized and recommended for the field study of phenotypic diversity of hawthorn plant to advance botanical goals in Iran.

Cite this article:Khajeddini S.M.A., Evaluation of phenotypic diversity of hawthorn plant (*Crataegus spp.*) by using digital colorimetric technology (RGB model) and the method of investigating fruit appearance traits in Sahand protected area in East Azerbaijan province. Iranian Journal of Biological Sciences. 2022; 17(3): 1-18

10.30495/ZISTI.2023.1972812.1142 DOR 20.1001.1.17354226.1401.17.3.1.5
Publisher: Islamic Azad University of Varamin – Pishva branch Print ISSN: 1735-4226 Online ISSN: 1727-459X
This is an open access article under the: https://creativecommons.org/license/by-nc/4.0/

مقاله تحقیقی
دانش زیستی ایران
https://zisti.iauvaramin.ac.ir

ارزيابي تنوع فنوتيپي گياه زالزالك (*Crataegus spp.*) با بكاربري فناوري رنگ سنجي ديجيتالي (مدل RGB) و روش بررسي صفات ظاهري ميوه در منطقه حفاظت شده سهند در استان آذربايجان شرقي

سيدمحمدعلي خواجه الديني [1,*]

۱- مربی، گروه علوم باغبانی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

محل انجام تحقیق :منطقه محافظت شده سهند، محدوده بین عجب شیر و مراغه، آذربایجان شرقی

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخچه مقاله
ارسال ۱۴۰۱/۰۸/۲۶
بازنگری ۱۴۰۱/۰۹/۳۰
پذیرش ۱۴۰۱/۱۱/ ۲۳
نمایه ۱۴۰۱/۱۱/۲۳

کلمات کلیدی
تنوع فنوتیپی
زالزالك
رنگ سنجي

* نویسنده مسؤل

makhajedini@m-iau.ac.ir

مقدمه: زالزالک با نام علمی *Crataegus spp.* از تیره گلسرخیان بوده که شکل میوه کروی تا بیضوی به رنگ هاي زرد، نارنجي، قرمز، ارغوانی و سیاه مي باشد. از مراکز اصلي تنوع ژنتيكي اين جنس از ترکیه تا ایران مي باشد. از جنس زالزالک بیش از هزار گونه در دنیا ، ۲۲ گونه در ایران و ۹ گونه در آذربایجان شرقی شناسائي شده است.

هدف: ارزيابي و راستي آزمايي فناوري رنگ سنجي ديجيتالي (مدل RGB) به عنوان روشي نوين در بررسي تنوع فنوتيپي گياه زالزالك و تعميم اين فناوري در بررسي تنوع فنوتيپي ساير جوامع گياهي در ایران می باشد.

مواد و روش ها: فناوري رنگ سنجي ديجيتالي شاخه‌ای از علم زيست‌شناسی است که از روش هاي كمي و آماري براي ارزيابي اختلافات رنگي در يك گياه استفاده مي كند. مطالعات کیفی یک تصویر شرحی جزئی تولید می‌کند ولی فناوري رنگ سنجي جداولی را با لیستی از اعداد تجزیه شده تولید می‌کند که این اعداد به قدری دقیق اند که چشم انسان قادر به تصویرسازی تفاوت‌های رنگي نیست. این پژوهش توسط فناوري رنگ سنجي ديجيتالي از مجموع ده هزار داده عددي مستخرج از سیصد عدد میوه (با نهصد نمونه تصویري) از شصت جمعیت درختان زالزالك بوسیله نرم افزار رایانه اي Image pro plus (مدل RGB) و به استناد نمودارهاي پراکندگي و خوشه بندي سلسله مراتبي با تنوع فنوتيپي بالا و قابل استناد در شصت جمعیت مورد مطالعه بدست آمد. روش دوم توسط بررسي صفات ظاهري با تصوير برداري از سه بخش جانبي، گلگاه و محل اتصال دم میوه در نهصد عدد میوه (با دو هزار و هفتصد نمونه تصویري) انجام گرفت.

نتایج: ارزيابي چشمي شكل و رنگ تصوير ميوه هاي گرفته شده تنوع فنوتيپي نسبتا كم و با توجه به دقت پايين نسبت به روش قبلي در شصت جمعیت مورد مطالعه زالزالك بدست آورد.

نتیجه گیری: ارزيابي تنوع فنوتيپي توسط فناوري رنگ سنجي ديجيتالي در مقايسه با روش ماركرهاي مولكولي با توجه به كم هزينه بودن و صرفه جويي در وقت توام با نتايج دقيق و قابل استناد مي تواند جايگزين مناسبي باشد، اين فناوري رنگ سنجي ديجيتالي را می توان جهت آمايش سرزميني تنوع فنوتيپي گياه زالزالك براي پيش برد اهداف گياه شناختي در ایران تعمیم داد و توصیه نمود.

شیوه آدرس‌دهی این مقاله : خواجه الدینی س.م.ع. ارزيابي تنوع فنوتيپي گياه زالزالك (*Crataegus spp.*) با بكاربري فناوري رنگ سنجي ديجيتالي (مدل RGB) و روش بررسي صفات ظاهري ميوه در منطقه حفاظت شده سهند در استان آذربايجان شرقي مجله دانش زیستی ایران. ۱۴۰۱ ؛ ۱۷(۳):۱-۱۸

doi 10.30495/ZISTI.2023.1972812.1142 DOR 20.1001.1.17354226.1401.17.3.1.5

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا **شاپا چاپی:** ۱۷۳۵-۴۲۲۶ **شاپا الکترونیکی:** ۲۷۱۷-۴۵۹X **نویسندگان:** © حق مؤلف

مقدمه:

گیاه زالزالک با نام علمی *Crataegus spp.* از تیره گلسرخیان بوده که ارتفاع درختان یا درختچه ها از بسیار پاکوتاه تا بسیار پابلند متنوع بوده که داراي شاخه هاي کم و بیش خاردار و برگ‌های سبز روشن با گل‌های سفید یا صورتی رنگ معطر با گل آذین دیهم بوده که گرده افشاني عموما توسط حشرات صورت مي گیرد. میوه ها کروی تا بیضوی به رنگ‌هاي زرد، نارنجي، قرمز، ارغوانی و سیاه بوده که هر میوه بسته به گونه حاوی یك تا سه عدد بذر مي باشد (شکل ۱). میوه ها در ماه‌هاي مهر و آبان رسیده و آماده برداشت هستند. از جنس زالزالک بیش از هزار گونه در دنیا وجود دارد که ۲۲ گونه آن در ایران و ۹ گونه آن در آذربایجان شرقی شناسائي شده است، از مراکز اصلي تنوع ژنتیکي این جنس منطقه وسیعي از ترکیه تا ایران مي باشد (جدول ۱) (۳-۱).

زالزالک از گیاهان وحشی کوهستانی بوده که ارزش دارویی و غذایی بالایی داشته و برای درمان بیماری های مختلف انسان استفاده می‌شود که از ترکیبات فیتو شیمیایی مهم زالزالک در داروسازي مي توان به ترکیبات فنلي ، تاني، فلاونوئیدي (مثل آنتوسیانین)، ترپن ها و اسیدهای آلی اشاره کرد که براي درمان اختلالات قلبي عروقي و اختلالات سیستم عصبي مرکزي استفاده مي شود. از آنتي اکسیدانهاي طبیعي موجود در میوه این گیاه به وفور در صنایع غذایي استفاده مي شود (۳).

فناوري رنگ سنجي دیجیتالي از روش هاي کمی برای نشان دادن تفاوت ها و تنوع هاي رنگي بوده که همیشه مورد توجه زیست‌شناسان می‌باشد. مطالعات کیفی یک تصویر شرحی جزئی تولید می‌کند ولی فناوري رنگ سنجي به طور معمول جداولی با لیستی از اعداد تجزیه شده تولید می‌کند، این اعداد به قدری خلاصه شده هستند که چشم انسان قادر به تصویرسازی تفاوت‌های رنگي نیست. زبان فناوري رنگ سنجي نیز وابسته به اصول ریاضی می‌باشد بنابراین فناوري رنگ سنجي را مي توان شاخه‌ای از زیست‌شناسی در نظر گرفت همان گونه که می‌تواند آماری باشد (٤-٦).

محققان به منظور ارزیابي غیرمخرب کیفیت میوه در درخت موز اقدام به استفاده از فناوري رنگ سنجي دیجیتالي مدل RGB نمودند. نتایج حاصل از نمودارهاي هیستوگرام رنگ هاي قرمز، سبز و آبي مدل RGB نشان داد که این فناوري به عنوان یك روش قابل اطمینان جهت اندازه گیري کیفیت میوه درخت موز مي تواند استفاده گردد (۷).

پژوهشگران با استفاده از فناوري رنگ سنجي دیجیتالي مدل RGB به همراه روش کروماتوگرافي جهت ارزیابي زمان رسیدگي چهارده رقم میوه درخت انبه *Mangifera indica* و ارتباط با آن رنگ طبیعي پالپ (مزوکارپ) میوه انبه در رنگ هاي زرد و نارنجي و ارزیابي میزان رنگدانه هاي کارتنوئید (از نوع کاروتن) اقدام نمودند که نتایج و دقت فناوري رنگ سنجي دیجیتالي در مدل RGB مشابه نتایج روش کروماتوگرافي اعلام گردید (۸).

محققان جهت بررسي درجه سختي میوه خرما و تعیین کیفیت میوه خرما با فرض طبقه بندي میوه خرما به سه دسته میوه سخت، میوه نیمه سخت و میوه نرم و با استفاده از فناوري رنگ سنجي دیجیتالي مدل RGB و توسط روش آماري تجزیه مولفه هاي خطي اقدام به ارزیابي ۱۳ ویژگي رنگي براي بررسي درجه سختي میوه در ۳۳۰۰ نمونه درخت خرما در سه رقم نقال، فرد و خلاص نمودند (۹).

پژوهشگران کلمبیایي براي ارزیابي دقیق زمان برداشت قهوه دانه از ۹۲ اصله درخت قهوه کلمبیایي گونه *Coffea arabicavar. Castillo* نمونه گیري کرده و با استفاده از فناوري رنگ سنجي دیجیتالي مدل RGB زمان رسیدن قهوه دانه را به چهار مرحله تقسیم بندي نمودند که این چهار مرحله بصورت خطي همبستگي نشان دادند (۱۰).

استفاده از نشانگرهای مولکولی اعم از هزینه‌بر و زمان‌بر بودن آن نیاز به استفاده از روش های دیگر مانند فناوري هاي دیجیتالي را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. اساس فناوري هاي دیجیتالي نوین آنالیز در شکل و رنگ در برگ و میوه به زبان ساده استخراج اطلاعات دیجیتالي از شکل و رنگ در برگ و میوه است. در این فناوري ها می‌توان از انواع تکنیك ها جهت ارزیابي گیاه مورد نظر استفاده نمود که توسط متخصصین گیاه‌شناسی در تحقیقات گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فناوري ها قادر به ارزیابي وجود تنوع فنوتیپي در توده گیاهي در یك منطقه بخصوص می‌باشد، که اگر میزان تنوع فنوتیپي بالا باشد مي توان آن منطقه را از نظر ذخیره گاه ژنتیکي، مرکز تنوع گیاه و یا

حتي خاســـتگاه گیاه مورد بررسي و تاکید بیشـــتر قـــرار داد و از
فرســـایش و تخریب ژنتیکي آن جلوگـــیري نمود (٦).

شکل ۱: رنگ و شکل میوه زالزالك در پانزده گونه شناسائي شده در ایران (۲)

جدول ۱: اسم علمي و مختصات جغرافياي نه گونه زالزالك شناسائي شده در استان آذربايجان شرقي (۳)

Province(استان)	Species (گونه)	Height(ارتفاع)	Latitude	Longitude
East Azerbaijan	C. meyeri	۱۴۳۹	۳۸° ۱۰′ N	۴۵° ۴۲′ E
East Azerbaijan	C. sakranensis	۱۶۹۴	۳۸° ۱۴′ N	۴۵° ۴۲′ E
East Azerbaijan	C. turkestanica	۱۶۹۰	۳۸° ۱۴′ N	۴۵° ۴۲′ E
East Azerbaijan	C. seudoheterophylla	۱۴۲۷	۳۸° ۱۰′ N	۴۵° ۴۲′ E
East Azerbaijan	C. szovitisii	۱۴۲۶	۳۸° ۱۰′ N	۴۵° ۴۲′ E
East Azerbaijan	C. meyeri	۱۲۶۵	۳۸° ۴۹′ N	۴۷° ۰۳′ E
East Azerbaijan	C. meyeri	۱۲۸۱	۳۸° ۴۹′ N	۴۷° ۰۳′ E
East Azerbaijan	C. orientalis	۱۲۷۷	۳۸° ۴۹′ N	۴۷° ۰۳′ E
East Azerbaijan	C. curvisepala	۱۱۹۶	۳۸° ۵۰′ N	۴۷° ۰۲′ E
East Azerbaijan	C. monogyna	۱۵۲۵	۳۸° ۲۳′ N	۴۷° ۱۴′ E
East Azerbaijan	C. atrosanguinea	۱۴۹۰	۳۸° ۲۳′ N	۴۷° ۱۴′ E
East Azerbaijan	C. meyeri	۱۴۹۰	۳۸° ۲۳′ N	۴۷° ۱۴′ E
East Azerbaijan	C. meyeri	۱۵۲۴	۳۸° ۵۰′ N	۵۴° ۴۷′ E

مواد و روش ها:

منطقه حفاظت شده سهند به عنوان يكي از رويشگاه ها و ذخيره‌گاه‌هاي مهم ژنتيكي زالزالک در استان آذربايجان شرقي مابين شهر تبريز تا شهر مراغه بوده كه در ارتفاع ۱۵۰۰ الي ۳۴۰۰ متر از سطح دريا قرار دارد. اين منطقه با مختصات طول جغرافيائی ٤٦ درجه شرقی و عرض جغرافيائی ۳۷ درجه شمالی به وسعت شصت هزار هكتار قرار دارد. نمونه برداري از ميوه درختان زالزالك در اين پژوهش از مهر ماه الي آبان ماه سال۱۳۹۹ از ارتفاع ۱۵۰۰ متری الی ۲۲۰۰ متری از سطح دريا واقع در محدوده ما بين شهر تبريز تا شهر مراغه در منطقه حفاظت شده سهند در استان آذربايجان شرقی انجام گرديد (شكل ۲). ترتيب مناطق نمونه برداری از سه محدوده زالزالک خيز واقع در منطقه حفاظت شده سهند عبارتند از:

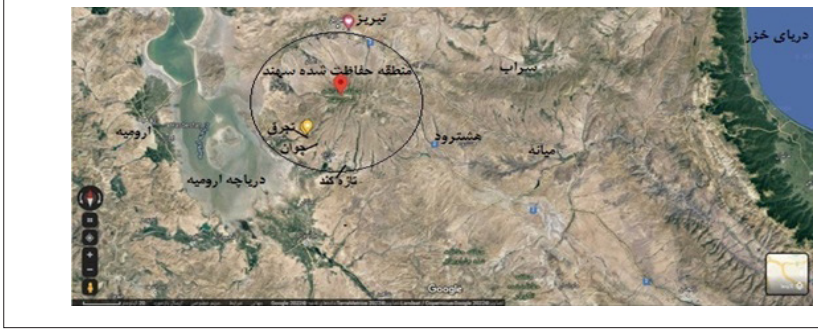
- اولين منطقه زالزالک خيز واقع در حوالی روستای تجرق از توابع شهرستان عجب شير با مختصات ۳۷ درجه و ۳۰ دقيقه شمالی و ٤٦ درجه و ۰۵ دقيقه شرقی و در ارتفاع ۱۵۰۰ متر الی ۲۲۰۰ متر بالاتر از سطح دريا با نمونه برداری از بيست جمعيت انجام پذيرفت.
- دومين منطقه زالزالک خيز واقع در حوالی روستای تازه كند از توابع شهرستان مراغه با مختصات ۳۷ درجه و ۲۸ دقيقه شمالی و ٤٦ درجه و ۱۳ دقيقه شرقی و در ارتفاع ۱۷۰۰ متر الی ۱۸۰۰ متر بالاتر از سطح دريا با نمونه برداری از شانزده جمعيت انجام گرفت.
- سومين منطقه زالزالک خيز واقع در حوالی روستای چوان از توابع شهرستان مراغه با مختصات ۳۷ درجه و ۲۷ الی ۳۰

دقیقه شمالی و ٤٦ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۸۰۰ متر الی ۲۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریا با نمونه برداری از بیست و چهار جمعیت انجام پذیرفت (جدول۲).

فاصله بسیار زیاد تک تک درختان زالزالک از هم در منطقه حفاظت شده سهند و نبود تراکم مورد انتظار در درختان زالزالک موجب گردید میوه هاي هر درخت یک جمعیت مستقل در نظر گرفته شوند و از هر جمعیت پانزده نمونه میوه اي کاملا رنگ گرفته سالم، بدون زدگی، بدون له شدگی و جمعا نهصد نمونه میوه اي از شصت جمعیت مجزا توسط GPS و قیچی باغبانی جمع آوری ، انتخاب و بسته بندی گردیدند. میوه هاي برداشت شده از هر درخت جهت سالم ماندن و عدم تغییر رنگ طبیعي تا زمان تصویربرداري و آزمایشات رنگ سنجي در داخل روزنامه هاي نیمه مرطوب مجزا در داخل یخچال در دماي مثبت سه الی مثبت پنج درجه سانتیگراد نگهداری شدند. در تصویر برداري از میوه هاي زالزالک سعي بر این بود که رنگ طبیعی میوه ها کاملا حفظ شده باشد، همچنین جهت مقایسه ظاهري اندازه و شکل و رنگ میوه ها تصویر برداري از سه بخش جانبي ، گلگاه و محل اتصال دم میوه در ۹۰۰ میوه از شصت جمعیت مختلف صورت پذیرفت (شکل۳). در تصویربرداري میوه ها جهت سیستم نورپردازي از يك لامپ LED و حلقه اي شکل حرفه اي (Ring Light) که داراي تنظیم کننده شدت نور بوده استفاده شد (شکل٤). جهت نورپردازي میوه زالزالك در داخل يك پتري دیش سفید مات در وسط این لامپ حلقه اي شکل با نور سفید رنگ مستقر گردید و يك فضاي گنبدي شکل فلزي بالاي لامپ حلقه اي ایجاد گردید که این فضاي گنبدي شکل توانست کل لامپ، پتري دیش و میوه را احاطه کند در بالاي این فضاي گنبدي شکل يك سوراخ جهت ورود و تثبیت لنز دوربین عکاسي در فاصله۱۲ سانتیمتري میوه تعبیه شد تا در نورپردازي و عکس برداري رنگ طبیعي میوه ها حفظ شود.

جدول ۲: مشخصات مناطق نمونه برداري شده

عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	استان	شهر	تعداد جمعیت	روستا
۴۶ درجه و ۰۵ دقیقه شرقی	۳۷درجه و ۳۰ دقیقه شمالی	۱۵۰۰-۲۲۰۰	آذربایجان شرقی	عجب شیر	۲۰	تجرق
۴۶درجه و ۱۳ دقیقه شرقی	۳۷درجه و ۲۸ دقیقه شمالی	۱۷۰۰-۱۸۰۰	آذربایجان شرقی	مراغه	۱۶	تازه کند
۴۶ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی	۳۷درجه۳۰ – ۲۷ دقیقه شمالی	۱۸۰۰-۲۲۰۰	آذربایجان شرقی	مراغه	۲۴	چوان

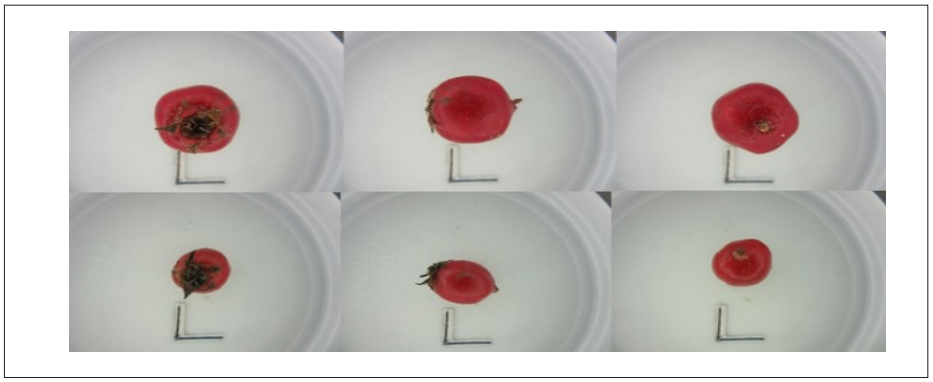


شکل۲: نقشه جغرافیایي محدوده هاي زالزالك خیز نمونه برداري شده در منطقه حفاظت شده سهند، اخذ شده از سایت هاي Google Earth و Google Map (۱۲ - ۱۱). موقعیت دقیق مناطق نمونه برداري شده روي نقشه عبارتند از: روستاي تجرق از توابع شهر عجب شیر، روستاي تازه کند از توابع شهر مراغه، روستاي چوان از توابع شهر مراغه.

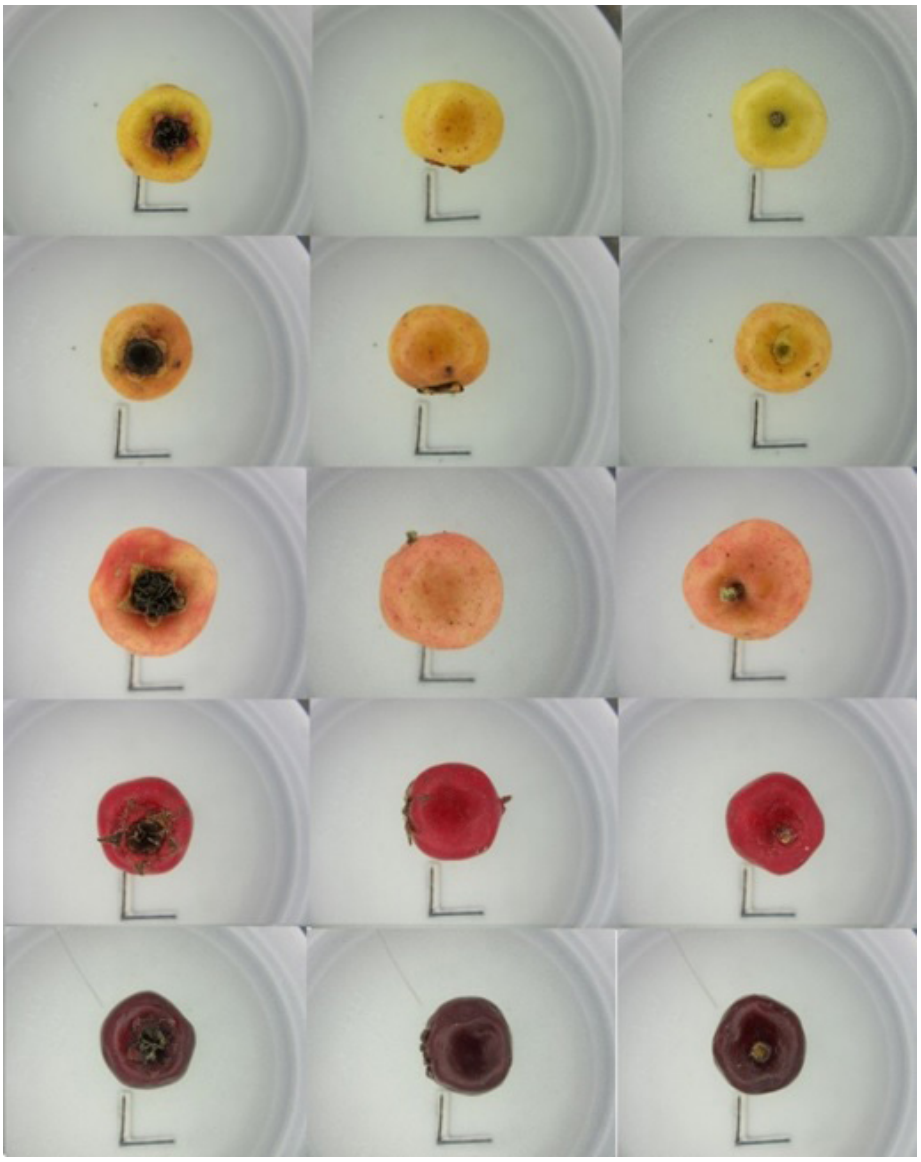
شكل ۳: تصوير برداري از سه بخش جانبي ، گلگاه و محل اتصال دم ميوه در يك ميوه زالزالك با درج شاخص يك سانتيمتري

شكل ٤: لامپ حلقه اي جهت نورپردازي

جهت مقايسه ظاهري (چشمي) اندازه، شكل و رنگ ميوه تصوير برداري از سه بخش جانبي، گلگاه و محل اتصال دم ميوه در نهصد ميوه (جمعا ۲۷۰۰ نمونه تصويري) از شصت جمعيت مختلف مختلف صورت پذيرفت. در اين مقايسه ظاهري، ميوه ها از لحاظ شكل به دو دسته گرد و كشيده (شكل٥) و از لحاظ رنگ به پنج دسته زرد، زرد مايل به نارنجي، نارنجي، قرمز، قرمز مايل به ارغواني تقسيم شدند (شكل ٦)



شكل٥: طبقه بندي ميوه هاي زالزالك از لحاظ شكل (گرد و كشيده)



شكل ٦: طبقه بندي ميوه زالزالك از لحاظ رنگ به پنج دسته زرد، زرد مايل به نارنجي، نارنجي، قرمز، قرمز مايل به ارغواني.

در ابتدا توسط فناوري رنگ سنجي ديجيتالي مدل RGB ده هزار داده عددي از تصوير سيصد نمونه ميوه اي (منتخب از نهصد ميوه نمونه برداري شده جهت مقايسه ظاهري) بوسيله نرم افزار Image pro plus استخراج گرديدند، سپس توسط نرم‌افزار Excel اقدام به نرمال كردن داده ها ي مدل RGB كرده و با اين داده هاي نرمال شده ترسيم نمودارهاي پراكندگي جهت ارزيابي ارتباط بين رنگ ميوه در شصت جمعيت درختان زاالزالك با توجه به افزايش ارتفاع

را انجـــام داديم بعدا توســـط نرم‌افزار آمـــاري SPSS اقدام به گروه بندي جمعيت ها در شـــصت جمعيـــت درختان زالزالك توســـط داده هـــاي اصلي مـــدل RGB نموديم. بـــراي افزايش دقـــت در رنگ ســـنجي ديجيتالي مـــدل RGB از بخش جانبي هر ميوه زالزالك ســـه نمونـــه تصويري بصـــورت تصوير رنگي و بـــا فرمت JPG از هر ميوه با وســـعت ســـطح برابر (جمعا نهصـــد نمونه تصويري از ســـيصد عدد ميوه) توســـط نرم افزار رايانـــه اي آناليـــز ديجيتالي رنگ بنـــام Image pro plus گرفته شـــدند (شكل ۷). كوهســـتاني بودن و وســـعت زياد منطقه و نيز فاصله بســـيار زيـــاد درختـــان زالزالك از هـــم در منطقه حفاظت شـــده ســـهند موجب تفاوت در تعـــداد تكرارها در هـــر تيمار گرديد. منطقه نمونه برداري شـــده بـــه هفت ارتفاع مختلف از ســـطح دريا (يا هفت تيمار) تقســـيم بندي شـــدند كـــه اين هفت تيمار شـــامل شـــصت تكرار (شـــصت درخت) زير مي باشـــند:

۱- از ارتفاع۱۵۰۰ الي ۱۶۰۰ متر با هفت تكرار.
۲- از ارتفاع ۱۶۰۰ الي ۱۷۰۰ متر با چهار تكرار.
۳- از ارتفاع ۱۷۰۰ الي ۱۸۰۰ متر با پانزده تكرار.
٤- از ارتفاع ۱۸۰۰ الي ۱۹۰۰ متر با ده تكرار.
٥- از ارتفاع ۱۹۰۰ الي ۲۰۰۰ متر با يازده تكرار.
٦- ارتفاع ۲۰۰۰ الي ۲۱۰۰ متر با نه تكرار.
۷- از ارتفاع ۲۱۰۰ الي ۲۲۰۰ متر با چهار تكرار.

نـــرم افزار رايانه اي آناليز ديجيتالي رنگي بنـــام Image pro plus رنگ نمونه هاي ميوه انتخاب شـــده را به وســـيله مـــدل RGB به داده هاي عددي تبديل نموده و داده هاي عددي اســـتخراج شـــده كه حـــاوي ميانگين عددي رنـــگ هاي قرمز با نماد (R) ، ســـبز بـــا نمـــاد (G) و آبي با نمـــاد (B) بودند به نرم افـــزار EXCEL منتقل شـــدند و ســـپس ايـــن داده هاي مربوط بـــه هر نمونه ميوه توســـط ســـه فرمول زير تحت نرم افـــزار EXCEL نرمال ســـازي شـــدند، كه در فرمول هاي اعداد نرمال شـــده ميانگين عـــددي رنگ قرمز بـــا نماد (r) ، اعـــداد نرمال شـــده ميانگين عددي رنگ ســـبز بـــا نماد (g) و اعـــداد نرمال شـــده ميانگين عـــددي رنگ آبي با نمـــاد (b) نشـــان داده شـــدند (جدول ٤) (۱۳). ســـپس توســـط شـــش فرمول زير شـــاخص هاي عددي هـــر نمونه ميـــوه مربوط بـــه رنگ هـــاي قرمز ، ســـبز و آبي تحت نرم افزار EXCEL محاســـبه گرديدند (جـــدول ٥) (۱۳).

جدول ٤: فرمول هاي نرمال سازي در مدل RGB

فرمول داده های نرمال میانگین رنگ قرمز	r =R/ (R+G+B)
فرمول داده های نرمال میانگین رنگ سبز	g=G/(R+G+B)
فرمول داده های نرمال میانگین رنگ آبی	b=B(R+G+B)

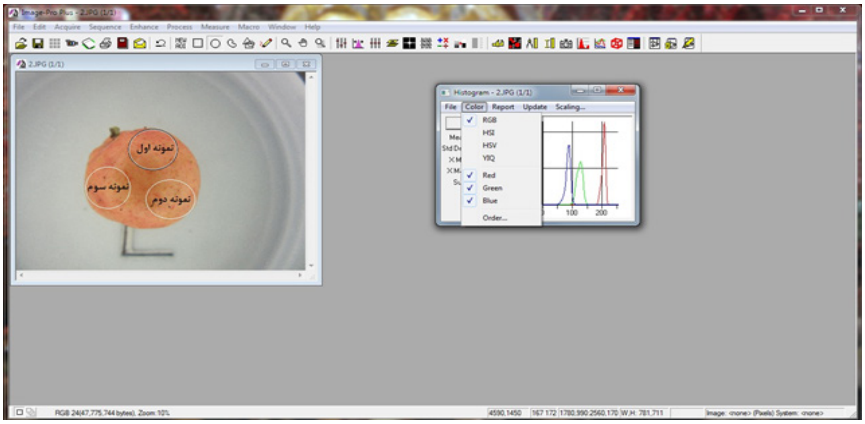
جدول ٥: فرمول هاي شاخص در مدل RGB

فرمول شاخص اول رنگ سبز	I_1= g-r/g+r
فرمول شاخص اول رنگ قرمز	I_2=r-g/r+g
فرمول فرمول شاخص اول رنگ آبی	I_3= b-r/b+r
فرمول شاخص دوم رنگ سبز	I_4=g-b/g+b
فرمول شاخص دوم رنگ آبی	I_5=b-g/b+g

بنابرايـن بـررسي تنـوع فنوتيپـي گيـاه زالزالـك در منطقـه حفاظـت شـده سـهند بـا اسـتفاده از دو روش زيـر انجـام گرفـت:

- روش اول: بـا بـررسي تنـوع فنوتيپـي بـا اسـتفاده از فنـاوري رنـگ سـنجي ديجيتـالي ميـوه بـا نهصـد نمونـه تصويـري از سـيصد عـدد ميـوه توسـط مـدل RGB و بـا ده هـزار داده عـددي اسـتخراج شـده از ايـن تحقيـق صـورت پذيرفـت.

- روش دوم: بـا بـررسي تنـوع فنوتيپـي توسـط ارزيـابي صفـات ظاهـري ميـوه (رنـگ و شـكل) و بـا تصويربـرداري از دو هـزار و هفتصـد نمونـه تصويـري از نهصـد عـدد ميـوه انجـام گرفـت.

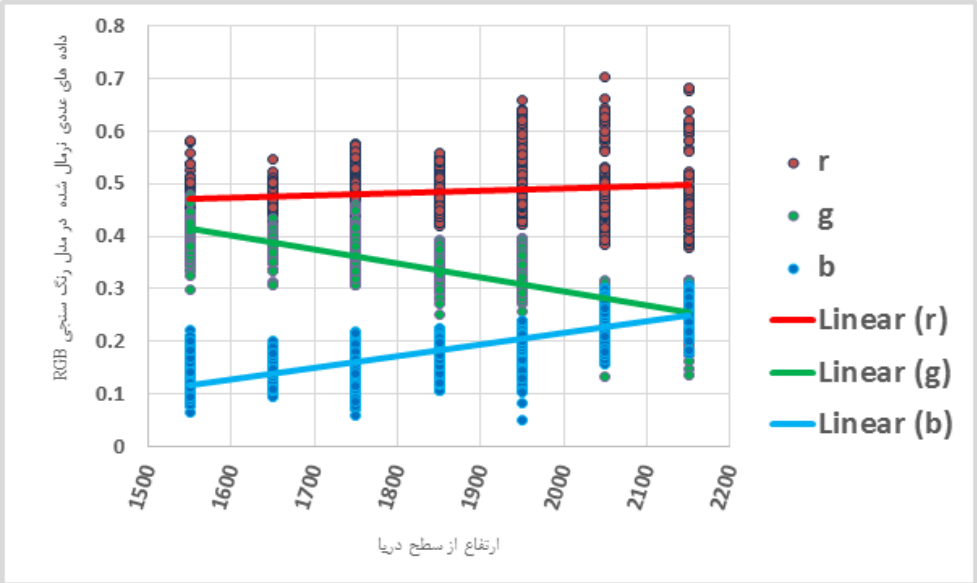


شكل ۷ : روش نمونه برداري از جهت جانبي يك ميوه زالزالك توسط نرم افزار رنگ سنجي ديجيتالي Image pro plus (مدل RGB)

نتايج:

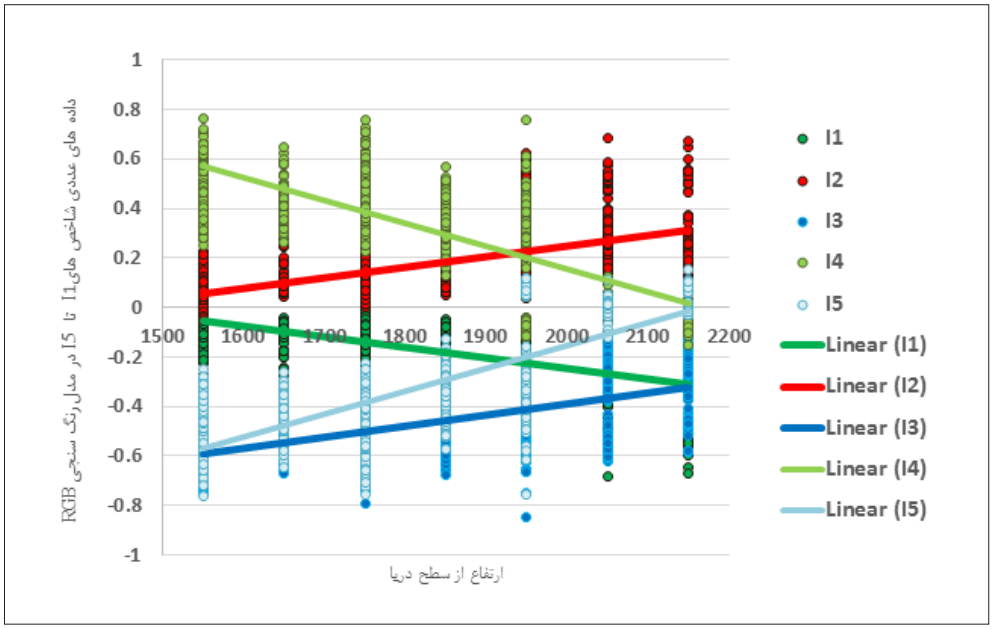
نـرم افـزار رايانـه اي آناليـز ديجيتـالي رنگـي Image pro plus طبـق شـكل ۷، رنـگ نمونـه هـاي ميـوه انتخـاب شـده را بـه وسـيله مـدل رنـگ سـنجي RGB بـه داده هـاي عـددي تبديل نمـوده و داده هـاي عـددي اسـتخراج شـده كه حـاوي ميانگين عـددي رنگهـاي قرمـز بـا نمـاد(R) ، سـبز بـا نمـاد(G) و آبي بـا نمـاد (B) بودنـد بـا فرمـول هـاي جـدول ٤ نرمـال سـازي گرديدنـد و توسـط نمـودار پراكندگـي شـماره ۱ تفسـير شـدند. نمـودار پراكندگـي بـه عنـوان نمـودار همبسـتگي هـم شـناخته مـي شـود و نمـوداري اسـت كـه از دو متغيـر تشـكيل شـده اسـت يـك متغيـر مسـتقل (علـت مشـترك) در محـور X و يـك متغيـر اثـر در محـور Y، در صورتـي كـه بـا افزايـش يـك متغيـر ديگـري نيـز افزايـش يابـد همبسـتگي مثبـت بيـن دو متغيـر برقـرار مـي گـردد و در صورتـي كـه بـا افزايـش يكـي ديگـري كاهـش يابد همبسـتگي بيـن دو متغير منفـي خواهـد بـود. طبـق نمـودار پراكندگـي شـماره۱ اعـداد نرمـال شـده ميانگيـن عـددي رنـگ قرمـز بـا نمـاد(r) ، اعـداد نرمـال شـده ميانگيـن عـددي رنـگ سـبز بـا نمـاد(g) و اعـداد نرمـال شـده ميانگيـن عـددي رنـگ آبي بـا نمـاد (b) نشـان داده شـدند در ايـن نمـودار پراكندگـي هـر نقطـه در هـر رنـگ نشـان دهنـده ميانگيـن عـددي نرمـال شـده هـر رنـگ در يـك جمعيـت از شـصت جمعيـت ميـوه هـاي زالزالـك مـي باشـد مثـلا يـك نقطـه قرمـز نشـان دهنـده ميانگيـن عـددي نرمـال شـده رنـگ قرمـز در يـك جمعيـت از ميـوه هـاي زالزالـك مـي باشـد و نيـز يـك خـط قرمـز نيـز نشـان دهنـده مجمـوع چنديـن نقطـه قرمـز كنـار هـم مي‌باشـد. محـور افقي نمـودار ارتفـاع از سـطح دريـاي جمعيـت هـاي نمونـه بـرداري شـده و محـور عمـودي داده هـاي عـددي نرمـال شـده در مـدل رنـگ سـنجي RGB را نشـان مـي دهـد.

در نمودار پراکندگي شماره۱ طبق ميانگين عددي داده هاي نرمال شده در رنگ قرمز يا (r) با افزايش ارتفاع از سطح دريا در شصت جمعيت ميوه هاي نمونه برداري شده و به استناد همبستگي خطي كه به رنگ قرمز كشيده شده است به تدريج و با يك شيب ملايم رنگ قرمز در ميوه ها افزايش مي يابد، در اين نمودار پراكندگي شماره۱ طبق ميانگين عددي داده هاي نرمال شده رنگ سبز يا(g) با افزايش ارتفاع از سطح دريا در شصت جمعيت ميوه هاي نمونه برداري شده و به استناد همبستگي خطي كه به رنگ سبز كشيده شده است به تدريج و با يك شيب نسبتا تند كاهش مي يابد، همچنين در ميوه هاي زالزالك رنگ زرد يكي از مهم ترين رنگ هاي ميوه بوده و چون رنگ زرد از اصلي ترين رنگ هاي تشكيل دهنده رنگ سبز مي باشد و به استناد همبستگي خطي رنگ سبز مي توان نتيجه گرفت كه با افزايش ارتفاع از سطح دريا در شصت جمعيت ميوه‌هاي نمونه برداري شده زالزالك تدريجا رنگ زرد مانند رنگ سبز در ميوه ها كاهش مي يابد و چون رنگ قرمز افزايش مي‌يابد بتدريج رنگ ميوه ها به نارنجي و سپس به قرمز متمايل مي شوند. در اين نمودار پراكندگي شماره ۱ ميانگين عددي داده هاي نرمال شده رنگ آبي يا (b) با افزايش ارتفاع از سطح دريا در شصت جمعيت ميوه هاي نمونه برداري شده زالزلك و به استناد همبستگی خطي كه به رنگ آبي كشيده شده است به تدريج و با يك شيب نسبتا تند رنگ آبي در ميوه ها افزايش مي يابد و چون رنگ آبي از اصلي ترين رنگهاي تشكيل دهنده رنگ ارغواني مي باشد (آبي+ قرمز = ارغواني) به استناد رنگ آبي مي توان نتيجه گرفت كه با افزايش ارتفاع از سطح دريا در شصت جمعيت ميوه هاي نمونه برداري شده زالزالك تدريجا رنگ آبي در ميوه ها افزايش مي يابد تا رنگ ميوه ها از قرمز به قرمز بسيار پر رنگ مايل به ارغواني تغيير يابد.

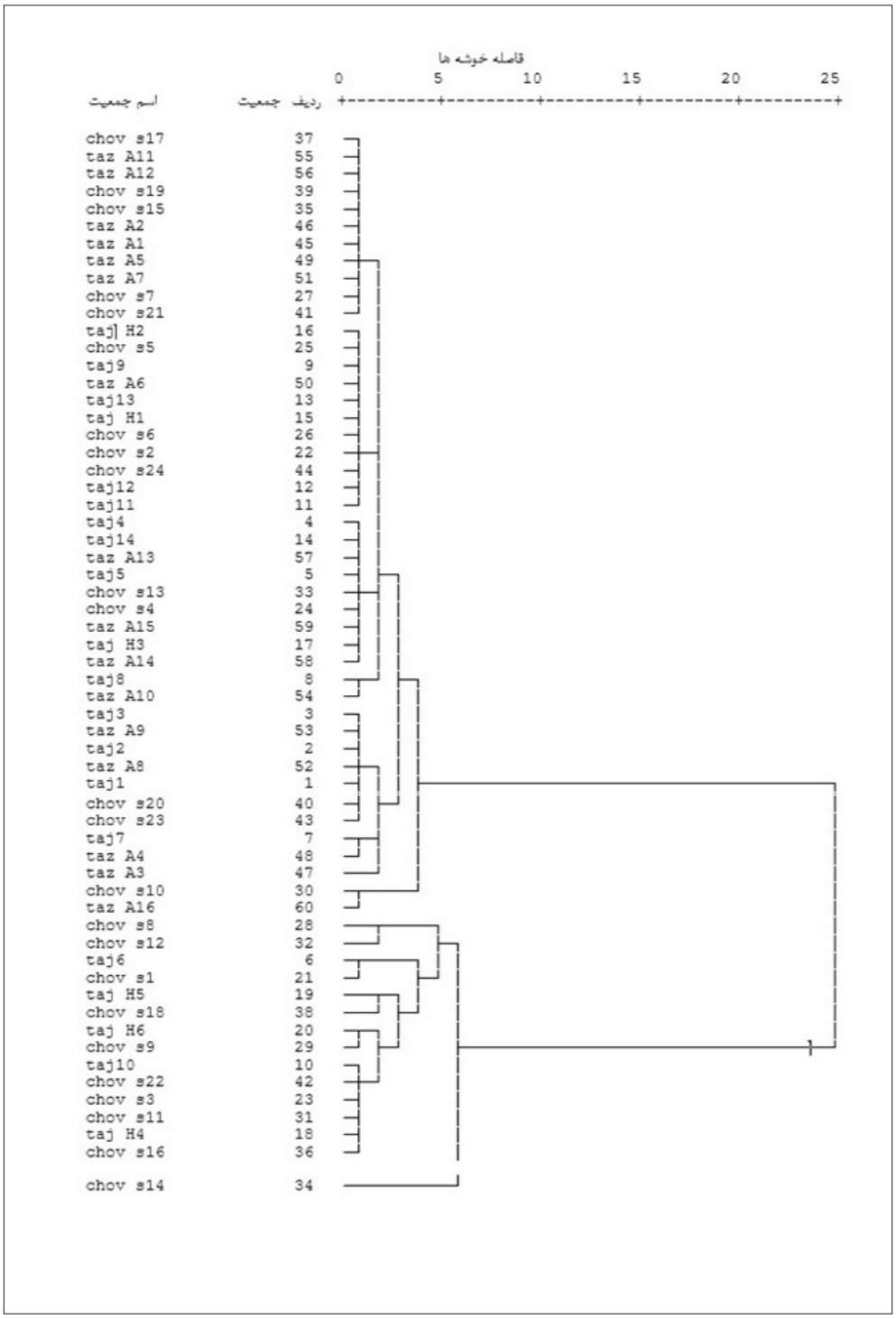


نمودار ۱: نمودار پراكندگي، همبستگی داده هاي نرمال شده رنگ هاي قرمز (r)، سبز (g) و آبي (b) در مدل RGB

طبق نمودار پراکندگي شماره ۲ بعد از نرمال سازي داده ها كه اعداد نرمال شده ميانگين عددي رنگ قرمز با نماد(r) ، اعداد نرمال شده ميانگين عددي رنگ سبز با نماد (g) و اعداد نرمال شده ميانگين عددي رنگ آبي با نماد (b) نشان داده شدند با استفاده از فرمول هاي جدول سه ، نمودار پراگندگي شماره دو و همبستگي خطي شاخص هاي عددي كه عبارتند از I٥و I٤ و I٣و I٢و I١ ترسيم شدند. در اين نمودار پراكندگي I١ اولين شاخص عددي رنگ سبز ،I٢ شاخص عددي رنگ قرمز، I٣ اولين شاخص عددي رنگ آبي، I٤ دومين شاخص عددي رنگ سبز و I٥ دومين شاخص عددي رنگ آبي مي باشند. محور افقي ارتفاع از سطح درياي شصت جمعيت ميوه اي نمونه برداري شده و محور عمودي داده هاي عددي شاخصهاي I٥و I٤ و I٣و I٢و I١ در مدل رنگ سنجي RGB را نشان مي دهند. در نمودار پراكندگي شماره ۲ طبق اولين و دومين شاخص عددي رنگ سبز يا I٤ , I١ با افزايش ارتفاع از سطح دريا در شصت جمعيت ميوه هاي نمونه برداري شده و به استناد همبستگي هاي خطي كه به رنگ سبز كم رنگ و سبز پر رنگ كشيده شده است با يك شيب نسبتا تند، رنگ سبز در ميوه ها كاهش مي يابد، در ميوها رنگ زرد يكي از مهم ترين رنگ هاي ميوه بوده و چون رنگ زرد از اصلي ترين رنگ هاي تشكيل دهنده رنگ سبز مي باشد و به استناد همبستگي خطي رنگ سبز كم رنگ و پر رنگ كشيده شده نتيجتا با افزايش ارتفاع از سطح دريا در شصت جمعيت ميوه هاي نمونه برداري شده تدريجا رنگ زرد مانند رنگ سبز در ميوه ها كاهش مي يابد. در نمودار پراكندگي شماره ۲ طبق شاخص عددي رنگ قرمز يا I٢ با افزايش ارتفاع از سطح دريا در شصت جمعيت ميوه ها و به استناد همبستگي خطي كه به رنگ قرمز كشيده شده به تدريج و با يك شيب نسبتا تند رنگ قرمز در ميوه ها افزايش مي يابد. به استناد شاخص هاي رنگ سبز و قرمز با كاهش رنگ زرد و افزايش رنگ قرمز تدريجا رنگ ميوه ها از زرد به نارنجي و سپس به قرمز متمايل مي شوند. در اين نمودار پراكندگي طبق اولين و دومين شاخص عددي رنگ آبي يا I٥ و I٣ با افزايش ارتفاع از سطح دريا در شصت جمعيت ميوه هاي نمونه برداري شده و به استناد همبستگي هاي خطي كه به رنگ آبي كم رنگ و پر رنگ كشيده شده است با يك شيب نسبتا تند در ميوه ها افزايش مي يابد. رنگ آبي از اصلي ترين رنگ هاي تشكيل دهنده رنگ ارغواني مي باشد (آبي+ قرمز = ارغواني) به استناد رنگ آبي با افزايش ارتفاع در جمعيت ميوه هاي زالزالك تدريجا رنگ آبي در ميوه ها افزايش مي يابد تا رنگ ميوه‌ها از قرمز به قرمز بسيار پر رنگ مايل به ارغواني متمايل شود.



نمودار ۲: نمودار پراكندگي، همبستگی داده هاي عددي شاخص هاي I٥- I٤- I٣- I٢- I١ در مدل RGB



نمودار ۳: نمودار خوشه بندي سلسله مراتبي شصت جمعيت درختان زالزالك توسط نمودار درختواره اي در مدل RGB

جهت دسته بندي (خوشه بندي) جمعيت ها و تجزيه داده ها توسط نرم افزار آماري SPSS در ابتدا با نرم افزار Excel از دو هزار و ششصد و هفتاد و سه داده عددي اصلي ميانگين رنگ هاي قرمز ، سبز و آبي متعلق به رنگ نهصد نمونه ميوه اي (مربوط به سيصد عدد ميوه) از شصت جمعيت زالزالك در فناوري رنگ سنجي ديجيتالي (مدل RGB) به طور مجزا براي ميوه هاي هر شصت درخت ميانگين گرفته شد و در ادامه با نرم افزار Excel از ميانگين هاي ميوه اي مربوط به هر درخت يك ميانگين واحد گرفته شد بطوري كه براي هر يك از شصت درخت يك عدد محاسبه شد كه اين عدد جهت خوشه بندي سلسله مراتبي به نرم افزار SPSS منتقل گرديد سپس در نرم افزار SPSS از مسير Analyze به Classify و سپس Hierarchical clustering اقدام به خوشه بندي سلسله مراتبي شصت جمعيت درختان زالزالك گرديد كه در اين خوشه بندي فاصله خوشه ها با در نظر گرفتن فاصله اقليدسي مشخص شد. طبق نمودار ۳ ستون اول سمت چپ اسامي جمعيت ها و ستون دوم سمت چپ رديف جمعيت ها را مشخص مي كند و مي توان و با اين خوشه بندي جمعيت هايي كه از لحاظ رنگ ميوه شباهت بيشتري دارند را در يك گروه يا گروه هاي نزديك تر و جمعيت هايي كه از لحاظ رنگ ميوه شبيه هم نيست اند يا شباهت كمتري دارند را در گروه هاي مجزا با فاصله مشخص شده مشاهده نمود. در نمودار ۳ در بخش اسم جمعيت ، حروف انگليسي نشان دهنده اسم منطقه چوان (chov)، تجرق(taj)، تازه كند(taz)بوده و عدد چسبيده به حروف نشان دهنده شماره جمعيت است مثلا اگر اسم جمعيت chov s۱۵ باشد به اين معني است كه اين جمعيت درخت پانزدهم از منطقه چوان مي باشد و شماره رديف جمعيت نشان دهنده شماره جمعيت از كل شصت جمعيت مي باشد.

ارزيابي فنوتيپي بصورت مشاهده ظاهري شكل و رنگ ميوه با تصوير برداري از سه بخش جانبي ، گل گاه و محل اتصال دم ميوه در ۹۰۰ عدد ميوه از شصت جمعيت مختلف صورت پذيرفت (شكل ۳). اين ارزيابي ظاهري ميوه ها با طبقه بندي بندي از لحاظ رنگ طبق شكل ٦ منجر به تقسيم بندي گياه زالزالك به پنج دسته مجزا و از لحاظ شكل ظاهري ميوه ها منجر به تقسيم بندي به دو دسته گرد و كشيده طبق شكل ٥ شدند.

بحث:

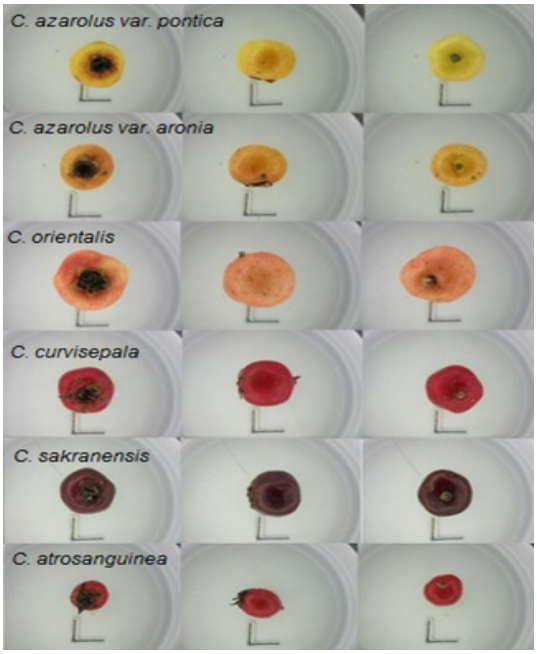
فناوري شكل سنجي و فناوري رنگ سنجي در گياهان تنوع موجود در يك توده را نشان مي دهد كه با اين فناوري ها شناسايي ناهمساني فنوتيپي يك توده گياهي با صرف كمترين وقت و حداقل هزينه نسبت به روش هاي ديگر مثل ماركرهاي مولكولي انجام مي گيرد نتيجتا به استناد پژوهش هاي انجام گرفته اين فناوري ها براي كارهاي تحقيقاتي مناسب خواهد بود (۱۵-۱٤).

با توجه به پژوهش هاي قبلي انجام گرفته جهت ارزيابي گونه هاي بومي موجود در آذربايجان شرقي و به استناد رنگ و شكل ظاهري ميوه و با تطبيق و مقايسه رنگ و شكل ميوه هاي اين پژوهش با پژوهش هاي صورت گرفته به استناد شكل۱ و شكل ٦ به همراه جدول ٦ در اين مورد مي توان به استناد شكل ۸ به نتايجي مهمي در شناسايي گونه ها با توجه به رنگ ميوه نائل گرديد (۱-۳).

ارزيابي فنوتيپي بصورت مشاهده ظاهري شكل و رنگ ميوه با تصوير برداري از سه بخش جانبي ، گل گاه و محل اتصال دم ميوه در ۹۰۰ عدد ميوه از شصت جمعيت مختلف صورت پذيرفت (شكل ۳). اين ارزيابي ظاهري ميوه ها با طبقه بندي بندي از لحاظ رنگ طبق شكل ٦ منجر به تقسيم بندي گياه زالزالك به پنج دسته مجزا و از لحاظ شكل ظاهري ميوه ها منجر به تقسيم بندي به دو دسته گرد و كشيده طبق شكل ٥ شدند.

جدول ٦: موقعیت جغرافیایی بیست و دو گونه زالزالك شناسائي شده در ایران و نه گونه شناسائي شده در استان آذربایجان شرقي (۳).

Code	Province	Species	Height	Latitude	Longitude	Code	Province	Species	Height	Latitude	Longitude
G1	Semnan	*C. pentagyna*	1540	36° 02'N	53° 28'E	G29	East Azerbaijan	*C. sakranensis*	1694	38° 14'N	45° 42'E
G2	Golestan	*C. pseudomelanocarpa*	409	36° 50'N	54° 47'E	G30	East Azerbaijan	*C. turkestanica*	1690	38° 14'N	45° 42'E
G3	Golestan	*C. pseudomelanocarpa*	413	36° 50'N	54° 47'E	G31	East Azerbaijan	*C. pseudoheterophylla*	1427	38° 10'N	45° 42'E
G4	Mazandaran	*C. monogyna*	1081	36° 25'N	51° 52'E	G32	East Azerbaijan	*C. szovitsii*	1426	38° 10'N	45° 42'E
G5	Mazandaran	*C. monogyna*	1192	36° 26'N	51° 51'E	G33	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1265	38° 49'N	47° 03'E
G6	Mazandaran	*C. meyeri*	1541	36° 26'N	51° 51'E	G34	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1281	38° 49'N	47° 03'E
G7	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	981	36° 25'N	51° 28'E	G35	East Azerbaijan	*C. orientalis*	1277	38° 49'N	47° 03'E
G8	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	1320	36° 24'N	51° 33'E	G36	East Azerbaijan	*C. curvisepala*	1196	38° 50'N	47° 02'E
G9	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	1371	36° 23'N	51° 32'E	G37	East Azerbaijan	*C. monogyna*	1525	38° 23'N	47° 14'E
G10	Mazandaran	*C. songarica*	1389	36° 23'N	51° 32'E	G38	East Azerbaijan	*C. atrosanguinea*	1490	38° 23'N	47° 14'E
G11	Mazandaran	*C. monogyna*	1388	36° 23'N	51° 32'E	G39	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1490	38° 23'N	47° 14'E
G12	Mazandaran	*C. monogyna*	1389	36° 23'N	51° 32'E	G40	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1524	36° 50'N	54° 47'E
G13	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	1394	36° 23'N	51° 32'E	G41	Kordestan	*C. szovitsii*	1603	35° 23'N	46° 55'E
G14	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	1395	36° 23'N	51° 32'E	G42	Kordestan	*C. azarolus var. aronia*	1632	35° 23'N	46° 55'E
G15	Mazandaran	*C. songarica*	1123	36° 25'N	51° 31'E	G43	Kordestan	*C. szovitsii*	1634	35° 23'N	46° 55'E
G16	Mazandaran	*C. monogyna*	1371	36° 23'N	51° 31'E	G44	Kordestan	*C. atrosanguinea*	1633	35° 23'N	46° 55'E
G17	Kogilouye	*C. azarolus var. aronia*	1607	31° 20'N	51° 13'E	G45	Kordestan	*C. persica*	1637	35° 23'N	46° 55'E
G18	Bakhtiyari	*C. azarolus var. aronia*	1913	31° 33'N	51° 12'E	G46	Kordestan	*C. atrosanguinea*	1644	35° 23'N	46° 55'E
G19	Bakhtiyari	*C. curvisepala*	1890	31° 26'N	50° 58'E	G47	Kordestan	*C. pseudoheterophylla*	1649	35° 24'N	46° 55'E
G20	Bakhtiyari	*C. azarolus var. pontica*	1935	31° 22'N	51° 13'E	G48	Kordestan	*C. szovitsii*	1506	36° 06'N	46° 20'E
G21	Bakhtiyari	*C. curvisepala*	1853	31° 20'N	51° 13'E	G49	Kordestan	*C. szovitsii*	1506	36° 06'N	46° 20'E
G22	Qazvin	*C. pseudoheterophylla*	1330	36° 24'N	50° 33'E	G50	West Azerbaijan	*C. atrosanguinea*	1728	36° 42'N	45° 56'E
G23	Alborz	*C. monogyna*	1814	36° 10'N	50° 41'E	G51	West Azerbaijan	*C. pseudoheterophylla*	1488	37° 27'N	44° 56'E
G24	Alborz	*C. meyeri*	1850	36° 09'N	50° 42'E	G52	West Azerbaijan	*C. atrosanguinea*	1488	37° 27'N	44° 56'E
G25	Alborz	*C. azarolus var. pontica*	1846	36° 09'N	50° 42'E	G53	West Azerbaijan	*C. azarolus var. aronia*	1432	37° 18'N	45° 07'E
G26	Alborz	*C. pseudoheterophylla*	1964	36° 10'N	50° 47'E	G54	West Azerbaijan	*C. monogyna*	1440	37° 29'N	44° 58'E
G27	Alborz	*C. pseudoheterophylla*	1980	36° 11'N	50° 54'E	G55	Lorestan	*C. pseudoheterophylla*	1640	33° 56'N	48° 40'E
G28	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1439	38° 10'N	45° 42'E	G56	Lorestan	*C. meyeri*	1643	33° 55'N	48° 41'E



شکل ۸: گونه هاي مورد تحلیل قرار گرفته در منطقه حفاظت شده سهند با ارزیابي رنگ میوه

محققـان چینـي جهـت ارزیـابي غـیر مخـرب کیفیـت میـوه درخـت مـوز اقـدام بـه اسـتفاده از فنـاوري رنـگ سـنجي دیجیتـالي مـدل RGB نمودنـد. کـه نتایـج حاصـل از نمودارهـاي هیسـتوگرام رنـگ هـاي قرمـز ، سـبز و آبي مـدل RGB در ایـن پژوهـش موجـب گردیـد کـه ایـن فنـاوري بـه عنـوان یـك روش قابـل اطمینـان جهـت انـدازه گـیري کیفیـت میـوه درخـت مـوز پیشـنهاد گـردد (۷).

رنـگ دانـه طبیعـي آنتوسـیانین نوعـي آنتـي اکسـیدان در انواع سـبزیجات و میـوه هـا مـي باشـد کـه انباشـت ایـن رنـگ دانـه آنتوسـیانین در گیاهـان بـا شرایـط محیطـي مرتبـط اسـت از ایـن شرایـط میتـوان بـه نـور آفتـاب، دمـا، خشـکي و شـوري اشـاره کـرد. مهـم تریـن عامـل نـور بـوده بطـوري کـه کیفیـت و شـدت نـور بـر تولیـد آنتوسـیانین موثـر اسـت. آنتوسـیانین ها انـواع مختلـف دارنـد کـه مي‌تواننـد در قسـمت‌هاي مختلـف گیـاه مثـل بـرگ، گل، میـوه و ... ذخـیره گردنـد. آنتوسـیانین از انـواع متابولیـت هـاي ثانویـه از دسـته فلاونوئیدهـا بـوده کـه رنـگ دانـه محلـول در آب اسـت و گیـاه بـراي مقابلـه بـا تنـش هـا و انـواع شرایـط نامسـاعد محیطـي مثـل تابـش اشـعه مـاورا بنفـش بـالاي نـور خورشـید، شـوري بـالا، دمـاي پایـین و خشـکي بـالا ایـن مـاده را تولیـد مـي کنـد (۱۶).

افزایـش ارتفـاع و اشـعه مـاورا بنفـش خورشـید و دمـاي پایـین رنـگ آنتوسـیانین پوسـت میـوه را از رنـگ زرد بـه نارنجـي و سـپس قرمـز کـم رنـگ و بعـد بـه قرمـز پـر رنـگ تغییرمـي دهـد (۱۶-۱۷).

بـه اسـتناد نمـودار پراکندگـي شـماره ۱ و بـا ارزیـابي مجمـوع سـه رنـگ قرمـز، سـبز و آبي و بـا تحلیـل مجمـوع ۲۶۷۳ داده عـددي نرمـال شـده در مـدل RGB مـي تـوان اسـتنباط نمـود کـه بـا افزایـش ارتفـاع از سـطح دریـا در شـصت جمعیـت میـوه هـاي نمونـه بـرداري شـده زالزالـك تدریجـا رنـگ میـوه هـا از زرد بـه نارنجـي و سـپس بـه قرمـز و در ادامـه در ارتفاعـات بالاتـر بـه رنـگ قرمـز بسـیار پـر رنـگ مایـل بـه ارغـواني متمایـل شـده و بـا یـك شـیب پیوسـته اشـتقاق فنوتیپـي ایجـاد مـي کننـد.

بـه اسـتناد نمـودار پراکندگـي شـماره ۲ بـا ارزیـابي مجمـوع ٤٤٥٥ داده عـددي از پنـج شـاخص عـددي رنـگ هـاي قرمـز، سـبز و آبي یـا I٥و I٤ و I٣و I٢و I١ مـي تـوان اسـتنباط نمود کـه بـا افزایـش ارتفـاع از سـطح دریـا در شـصت جمعیـت میـوه هـاي نمونـه بـرداري شـده زالزالـك تدریجـا رنـگ میـوه هـا از زرد بـه نارنجـي و سـپس بـه قرمـز و در ادامـه بـه رنـگ قرمـز بسـیار پـر رنـگ مایـل بـه ارغـواني تغییـر مـي یابـد و بـا یـك شـیب پیوسـته اشـتقاق فنوتیپـي ایجـاد مي کننـد (شـکل ٦).

اگـر فاصلـه خوشـه هـا را طبـق نمـودار ۳، عـدد صفـر در نظـر بگیریـم، شـصت جمعیـت منتخـب از منطقـه حفاظـت شـده سـهند بـه چهـارده خوشـه مجـزا و مسـتقل از هـم تقسـیم مـي شـوند کـه ایـن امـر نشـان دهنـده تنـوع فنوتیپـي بسـیار بـالا در ایـن منطقـه اسـت. جهـت ارزیـابي فنوتیپـي توسـط روش مشـاهده ظاهـري (چشـمي) و بـه اسـتناد شـکل هـاي ٥و٦ و بـا بـررسي نهصـد عـدد میـوه زالزالـك مـي توان اسـتنباط نمـود کـه گیـاه زالزالـك در منطقـه حفاظـت شـده سـهند از لحـاظ رنـگ بـه پنـج دسـته مجـزا و از لحـاظ شـکل بـه دو دسـته مجـزا طبعـا بـا تنـوع فنوتیپـي نسـبتا کـم تقسـیم مـي شـوند. ایـن پژوهـش نشـان مـي دهـد کـه بـا بـررسي تنـوع فنوتیپـي میـوه گیـاه زالزالـك در منطقـه حفاظـت شـده سـهند بـا اسـتفاده از روش ارزیـابي رنـگ میـوه بـا فنـاوري رنـگ سـنجي دیجیتـالي مـدل RGB بـا دقـت انـدازه گـیري بسـیار بـالا و قابـل اسـتنادتر و نیـز روش ارزیـابي ظاهـري شـکل و رنـگ میـوه بـا دقـت انـدازه گـیري نسـبتا کـم در زالزالـك و بـررسي نتایـج ایـن دو روش مـي تـوان بـه نتایـج قابـل اطمینان در زمینـه ارزیـابي تنـوع فنوتیپـي در گیـاه زالزالـك دسـت یافـت.

ارزیـابي فنوتیپـي بصـورت مشـاهده ظاهـري شـکل و رنـگ میـوه بـا تصویـر بـرداري از سـه بخـش جانبـي ، گل گاه و محـل اتصـال دم میـوه در ۹۰۰ عـدد میـوه از شـصت جمعیـت مختلـف صـورت پذیرفـت (شـکل ۳). ایـن ارزیـابي ظاهـري میـوه هـا بـا طبقـه بنـدي بنـدي از لحـاظ رنـگ طبـق شـکل ٦ منجـر بـه تقسـیم بنـدي گیـاه زالزالـك بـه پنـج دسـته مجـزا و از لحـاظ شـکل ظاهـري میـوه هـا منجـر بـه تقسـیم بنـدي بـه دو دسـته گـرد و کشـیده طبـق شـکل ٥ شـدند.

نتیجه‌گیری:

محققان چیني جهت ارزیابي غیر مخرب کیفیت میوهارزیابي تنوع فنوتیپي با رنگ سنجي دیجیتالي در مقایسه با روش مارکرهاي مولکولي با کم هزینه بودن و صرفه جویي در وقت مي تواند جایگزین مناسبي باشد. از شاخصهاي I۱, I۲, I۳, I٤, I٥, I٦ محاسبه شده با شش فرمول طبق جدول ۳ سپس آنالیز آنها توسط نمودار پراگندگي و نمودار سلسله مراتبي مي توان نتیجه گرفت که براي بررسي ارزیابي مرکز تنوع، خاستگاه و ذخیره گاه ژنتیکي یك گیاه در یك منطقه، فناوري رنگ سنجي دیجیتالي مدل RGB مي توانند جایگزین قابل اعتماد و دقیقي براي روش مارك هاي مولکولي باشد. تجزیه آماري داده هاي استخراجي نتایج حاصله در ارزیابي تنوع فنوتیپي گویاي این بود که در شصت جمعیت زالزالك منتخب در منطقه حفاظت شده سهند تنوع فنوتیپي بسیار بالا وجود داشته و این منطقه مي تواند در درخت زالزالك به عنوان یکي از مراکز مهم خواستگاه گیاه که منجر به تنوع و تکامل ژنتیکي مي گردد و نیز به عنوان یکي از منابع مهم ذخیرگاه ژنتیکي در اصلاح گیاه زالزالك در ایران تلقي شود و با شناسایي و نگهداري از این منابع ژرم پلاسم مي توان از فرسایش ژنتیکي این گیاه در ایران جلوگیري کرد. نتایج دقیق همراه با صرفه جویي در وقت و هزینه در استفاده از این فناوري رنگ سنجي دیجیتالي نسبت به سایر روش ها مانند روش مارکرهاي مولکولي در محدوده منطقه حفاظت شده سهند به عنوان قطعه آزمایشي، مي توان این فناوري و رنگ سنجي دیجیتالي را جهت آمایش سرزميني تنوع فنوتیپي گیاه زالزالك براي پیش برد اهداف گیاه شناختي در ایران تعمیم داد و توصیه نمود.

تقدیر و تشکر:

از ایزد منان که این توفیق را به من عطا فرمود که در این عرصه گام نهم و حاصل پژوهش خود را با ارائه این مقاله تقدیم اهل تحقیق نمایم شکرگزارم. از استاد ارجمند جناب آقای دکتر محمد رضا دادپور (دانشیار گروه باغباني دانشکده کشاورزي دانشگاه تبریز) و از استاد ارجمند جناب آقای دکتر علي عبادي (استاد تمام گروه باغباني دانشکده کشاورزي دانشگاه تهران) که طی مدت پژوهش بنده را مورد لطف و عنایت خود قرار دادند صمیمانه سپاسگزارم.

تعارض منافع:

از طرف نویسنده تعارض منافعی گزارش نشده است.

References

1. Jafari M. The state of the world's forest genetic resources country report Iran. This country report is prepared as a contribution to the FAO publication. The Report on the State of the World's Forest Genetic Resources.2012;133p.

2. Alirezalu A, Ahmadi N, Salehi P, Sonboli A, Alirezalu K, Mousavi Khaneghah A, Barba FJ, Paulo ESM, Lorenzo JM. Physico chemical characterization, antioxidant activity, and phenolic compound of Hawthorn (Crataegus spp.) fruits species for potential use in food applications. Foods. 2020; 436(9): 1-15. **DOI:10.3390/foods9040436**

3. Alirezalu A, Salehi P, Ahmadi N, Sonboli A, Aceto S, Hatami Maleki H, Ayyari M. Flavonoids profile and antioxidant activity in flowers and leaves of hawthorn species (Crataegus spp.) from different regions of Iran. International Journal of Food Properties. 2018; 21(1): 452-470. **doi.org/10.1080/10942912.2018.1446146**

4. Mcdonald JH. Handbook of Biological Statistics. Baltimore. Maryland. U.S.A: Second edition. Sparky House publishing, 2009.

5. Chitwood DH, Ranjan A, Martinez CC, Headland LR, Thiem T, Kumar R, Covington MF, Hatcher T, Naylor DT, Zimmerman S, Downs N, Raymundo N, Buckler ES, Maloof JN, Aradhya M, Prins, B, Li L, Myles S, Sinha NR. A modern ampelography: a genetic basis for leaf shape and venation patterning in grape. Plant Physiology. 2014; 164(1): 259-272. **doi/10.1104/pp.113.229708**

6. Abdolalipour M, Zaare Nahandi F, Dadpour MR,

Sadighzadeh Z. Identification of some citrus genotypes using leaf shape analysis based on Elliptical Fourier descriptors. Biological Forum -An International Journal. 2016; 8(1): 226-232. ISSN No. (Online): 2249-3239

7.Wang Y, Cuia Y, Chenb S, Zhangb P, Huanga H, Huangc GQ. Study on fruit quality measurement and evaluation based on color identification. International Conference on Optical Instruments and Technology. Optoelectronic Imaging and Process Technology, edited by Toru Yoshizawa, Ping Wei, Jesse Zheng, Proc. SPIE.2009; Vol. 7513, 75130F. **doi: 10.1117/12.839698**

8. Hammad AY, Eid Saad Kassim FS. Carotenoid pixels' characterization under color space tests and RGB formulas for mesocarp of Mango's fruits cultivars. SPIE-IS&T. 2010; Vol. 7536, 75360E. **DOI: 10.1117/12.839911**

9. Manickavasagana A, Al-Mezeinia NK, Al-Shekaili HN. RGB color imaging technique for grading of dates. Scientia Horticulturae. 2014; 175: 87–94. **doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.003**

10. Jimenez AR, Tinoco HA, Osorio JB, Ocampo O, Berrio LV, Sotelo JLR, Arizmendi C. Ripeness stage characterization of coffee fruits (coffea arabica L. var. Castillo) applying chromaticity maps obtained from digital images. Materials Today: Proceedings. 2021; 44: 1271–1278. **doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.264**

11. Google map. 2022 [updated 2022/01/02]. https://www.google.com/maps.

12. Google earth. 2022 [updated 2022/01/02]. https://earth.google.com.

13. Kay GR. Color Analysis and The Classification of Fruit [dissertation]. Cape Town: University of Cape Town; 1992. 190p.

14. Wang Y, Wang D, Shi P, Omasa K. Estimating rice chlorophyll content and leaf nitrogen concentration with a digital still color camera under natural light. Plant Methods. 2014; 10:36. **DOI:10.1186/1746-4811-10-36**

15. Alexey B, Bateman RM. Geometric morphometrics as a tool for understanding Dactylorhiza (Orchidaceae) diversity in European Russia. Biological Journal of the Linnean Society. 2005; 85: 1–12. **doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00468.x**

16. Ma Y, Ma X, Gao X, Wu W, Bo Zhou B. Light Induced Regulation Pathway of Anthocyanin. International Journal of Molecular Sciences. 2021; 22, 11116. **doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00468.x**

17. He F, Mu L, Yan G.L, Liang N.N, Pan Q.H, Wang J, Reeves M.J, Duan C.Q. Biosynthesis of Anthocyanins and Their Regulation in Colored Grapes. Molecules. 2010; 15,