دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره دوازدهم، شماره بیست و چهارم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

مطالعه بیوسیستماتیکی جمعیت‌های *Helianthus tuberosus* L. در شمال ایران

نسترن اعلاء[1]، آرمان محمودی اطاقوری[2]*، احسان نظیفی[3]، پیروز عزیزی[4]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سیستماتیک-اکولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر
[2]دانشیار گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر
[3]استادیار گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر
[4]استاد گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۴

چکیده

گیاه سیب‌زمینی ترشی با نام علمی *Helianthus tuberosus* L. نیم‌قرن است که به ایران وارد شده است و به‌صورت بومی رشد می‌کند. جمعیت‌های آن از استان‌های گیلان، مازندران و گلستان به‌منظور بررسی‌های تاکسونومی عددی و کموتاکسونومی جمع‌آوری شد. برای مطالعه تاکسونومی‌عددی اندام‌های رویشی و زایشی مطالعه شدند و ۶۱ صفت کمی و کیفی سنجیده شد. به‌منظور گروه‌بندی جمعیت‌ها از روش تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. در مطالعه کموتاکسونومی، سنجش متابولیت‌های ثانویه انجام شد. داده‌ها با استفاده از آنالیزهای آماری و آزمون دانکن بررسی شدند و میزان اختلاف جمعیت‌ها بررسی شد. آنالیز خوشه‌بندی صفات کمی و کیفی تفاوت معنی‌داری بین خصوصیات مورد مطالعه نشان داد. در مطالعه مورفومتری مولفه اصلی اول با ۲۴/۷ درصد از واریانس کل، بیشترین مقدار واریانس را دارا بود که صفاتی چون قطر ساقه، طول و عرض برگ و کاسبرگ بیشترین نقش را در تفکیک جمعیت‌ها داشتند. در مطالعه شیمیوسیتماتیک مولفه اصلی اول با ۴۰/۹۷ درصد که شامل صفاتی چون فروکتوز، اینولین و ترکیبات فنلی بود که موثرترین صفات در تفکیک جمعیت‌ها بود. دندروگرام حاصل به‌خوبی جمعیت‌ها را از هم تمیز داد و جمعیت‌های هر استان در شاخه‌های نزدیک به هم قرار گرفتند که نشان‌دهنده درصد مشابهت در صفات مورد بررسی بوده است. از آنجاکه این گیاه یک محصول منحصربه‌فرد در جهت تامین نیازهای صنعتی و دارویی است، تعیین بهترین جمعیت برای تکثیر آن می‌تواند موثر واقع شود.

***واژگان کلیدی*: اسپکتروفتومتری، فیتوشیمی، سیب زمینی ترشی، متابولیت ثانویه، مورفومتری**

مقدمه

جنس *Helianthus tuberosus* L.، اولین بار در سال ۱۷۵۳ توسط لینه معرفی شد. این جنس متعلق به قبیله Heliantheae از خانواده Asteraceae، یک جنس چندشکلی(Polymorphic) است و شامل ۱۰۰ گونه است که بیشتر از آمریکای شمالی هستند(Bailey, 1929-30). تیره Asteraceae یکی از بزرگترین خانواده‌های گیاهی نهاندانه در بین دولپه‌ای‌ها است که بر اساس تعداد زیادی گونه (۱۶۲۰ جنس و ۲۳۶۰۰ گونه) این خانواده گیاهی را با پراکندگی جهانی نشان می‌دهد (Funk et al, 2005). خانواده Asteraceae به‌طور گسترده در سراسر جهان در انواع زیستگاه های اکولوژیکی، به جز قطب جنوب پراکنده شده است (Eruygur et al, 2019). Asteraceae یکی از تکامل‌یافته‌ترین خانواده‌های گیاهان نهاندانه است و به دلیل سازگاری‌های گسترده، مورفولوژیکی، تشریحی، فیزیولوژیکی و زیست‌محیطی برای توزیع گسترده، انتشار و موفقیت باروری با گیاهان خانواده Orchidaceae در بین

*نویسنده مسئول: Botany1347@gmail.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

تک لپه ای‌ها قابل مقایسه است (Heywood et al., 2007; Nikolić, M., & Stevović, 2015).

Helianthus با نام علمی *Jerusalem artichoke* *tuberosus* L. از زیرخانواده Asteroideae است. سیب-زمینی ترشی از نظر رویشی، گیاهی علفی و چندساله است. این گیاه ریزوم‌دار است که دارای گل‌آذین کپه محدب و کوچکتر از آفتابگردان است. برگ‌ها تخم‌مرغی‌شکل با قاعده قلبی و راس سرنیزه‌ای و نوک‌تیزند. برطبق فلور ایران پراکندگی این گیاه در استان‌های دماوند و کرمان به ثبت رسیده است (مظفریان و همکاران، ۱۳۹۷). ارتفاع این گیاه از ۱۵۰ تا ۲۰۰ سانتی متر بوده و با سرعت زیاد رشد می‌کند (Slimestad et al., 2010). *H. tuberosus* گونه‌ای متغیر است، احتمالاً تا حدی ناشی از هیبریداسیون با پلی-پلوئیدهای دیگر، ازجمله *H. pauciflorus*، *H. resinosus* و *H. strumosus* است. این گیاه به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک گونه علف هرز گسترش یافته است که تشخیص پراکندگی اصلی آن دشوار است (Flora of North America). شرق ایالات متحده و مکزیک مناطق منشأ *H. tuberosus* هستند (Wein, 1963). کشت این گیاه دارای مزایای زیادی است؛ زیرا در برابر استرس زیستی، یعنی آفات و بیماری‌ها مقاوم است (Kaszás et al., 2020). می‌تواند به‌طور معمول در طیف وسیعی از خاک‌ها ازجمله خاک متاثر از نمک، خاک شنی و زمین‌های حاشیه-ای با سطوح کوددهی تقریباً صفر رشد کند (Zelenko 2019; Starovoytov et al., 2017; Zoric et al., 2017) و علاوه بر این، مقاومت بالقوه‌ای در برابر خشکسالی، یخبندان و دمای بالا نشان دهد (Koundinya et al., 2019).



شکل ۱- گیاه *Helianthus tuberosus*

اطلاعات مکتوبی در مورد کشت این گیاه در ایران وجود ندارد، اما در بسیاری از نقاط کشور، به‌ویژه مناطق شمالی، غربی و مرکزی، در حاشیه مزارع به‌صورت محدود مشاهده می شود که ریشه‌های غده‌ای آن در اوایل پاییز برداشت می‌شود.

بخش هوایی این گیاه به‌صورتی انبوه رشد می‌کند و بسیار پربرگ و علفی است و ارتفاع آن به ۳ متر نیز می‌رسد (Stauffer et al., 1975). این گیاه با تیپ فتوسنتزی C3، از گونه‌های آفتابگردان فصل‌های گرم، بومی مناطق آمریکای شمالی است و از قرن ۱۷ در اروپا رشد کرده است و بیش از نیم قرن است که به ایران وارد شده و فراگیر شده است.



شکل ۲- ریشه‌های غده‌ای *Helianthus tuberosus*

گیاهان این خانواده از نظر اقتصادی مهم هستند و بسیاری از محصولات روغنی مانند آفتابگردان، گلرنگ و غیره را تولید می‌کنند. سبزیجاتی مانند کنگر فرنگی، کاهو و غیره؛ گیاهان زینتی مانند کوکب، گل جعفری، ستاره، آفتابگردان، گل داوودی و همینطور گیاهان دارویی مانند گل همیشه‌بهار، بابونه، آفسنطین، خار مریم، کاسنی و گیاهان خودرو مانند قاصدک، گل سرخی و غیره (Funk et al., 2009, Basu et al.,2014). سیب‌زمینی ترشی به عنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین محصولات زیست انرژی چندمنظوره در دنیا در نظر گرفته می‌شود. این گیاه از آغاز قرن بیستم، در هند، افغانستان و مصر شناخته شده است و به‌عنوان یک محصول با ارزش علوفه‌ای، غذایی و دارویی در ایالات متحده آمریکا، کانادا، استرالیا، ژاپن و برخی کشورهای دیگر کشت شده است(Manokhina et al., 2022). با توجه به کاربردهای بی‌شمار این گیاه دارویی، این پژوهش با هدف بررسی جمعیت‌های این گیاه از جنبه‌های مورفومتری و فیتوشیمیایی صورت گرفت.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

تاکسونومی عددی[2] که مورفومتری نیز نامیده می‌شود، به گروه‌بندی واحدهای طبقه‌بندی با روش‌های عددی به گونه‌ها بر اساس حالت خصوصیات ظاهری آنها می‌پردازد (Sneath & Sokal, 1973). تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و تجزیه و تحلیل اجزای اصلی دو تکنیکی هستند که معمولاً در طبقه‌بندی عددی استفاده می‌شود.



شکل ۳ - نمونه‌ای از رویشگاه *Helianthus tuberosus*

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای یک طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی از موجودیت‌ها (تاکسون‌ها) بر اساس ماتریس شباهت ایجاد می‌کند. بنابراین ابزاری منطقی برای بیان رابطه موجود بین گونه‌ها و جمعیت‌ها فراهم می‌کند. مطالعات تاکسونومی عددی برای کشف و مستندسازی ویژگی‌های مورفولوژیکی و حالات خصوصیات جدید حائز اهمیت است و تلاش‌های زیادی در این زمینه برای درک روابط فنتیک در گروه‌های مختلف گیاهان صورت گرفته است(Mulumba and Kakudidi, 2010; Deshmukh, 2011; Rahman and Rahman,2012).

برخی از اولین مقالات در سیستماتیک گیاهی با روش مورفومتری، به یک مکتب تاکسونومی عددی مربوط می‌شوند. توسعه این مکتب به اواخر سال‌های ۱۹۵۰ و پیشرفت و گسترش آن به سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰مربوط می‌شود که منجر به استفاده از مورفومتری و آمار چندمتغیره شد. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای یک ابزار اکتشافی برای طبقه‌بندی نمونه‌ها است و در این روش معمولا نتایج به‌صورت نمودار درختی یا دندروگرام۳ نشان داده می‌شوند(Sneath & Sokal, 1973).

کموتاکسونومی[4] مطالعه سیستماتیک ترکیبات شیمیایی در بین تاکسون‌های گیاهی است. شواهد اثبات می‌کند که ترکیبات شیمیایی ضروری گیاهان برای اهداف رده‌بندی استفاده می‌شد. بر اساس شواهد آشکار، صفات گیاهی به‌طور غریزی توسط بشر از قرن‌های گذشته به‌کار گرفته شده است (Jones and Luchsing, 1986). اطلاعات ناقص از ترکیبات متابولیتی گیاهان، توانایی حل مشکلات تاکسونومی را برای یافتن محصولات طبیعی جدید یا خواص دارویی گیاهان محدود می‌کند (Kang et al., 2017). Temkov و همکاران درسال ۲۰۱۵، اینولینی را که با روش های مختلف از گیاه *H. tuberosus* به‌دست آمده بود، به‌صورت کیفی مقایسه کردند. da Fonseca Contado و همکاران در سال ۲۰۱۵، اینولین و سایر فروکتان‌ها را از گیاه Smallanthus Sonchifolia با استفاده از اتانول در دماهای مختلف استخراج کردند.



شکل ۴ - اندازه‌گیری‌های تاکسونومی عددی

سپس با استفاده از متد آنترون میزان قند اندازه‌گیری شد. میلانی و همکاران(۱۳۸۹) پژوهشی باعنوان بهینه‌سازی استخراج اینولین از غده سیب‌زمینی ترشی به‌کمک روش سطح پاسخ (RSM) ارائه دادند. براساس نتایج این تحقیق، نسبت آب به ماده جامد، دما و زمان به‌ترتیب موثرترین فاکتورها در استخراج اینولین بودند. تحقیقات زیادی درباره تنوع فیتوشیمیایی گونه‌های مختلف جنس *Helianthus* در ایران و جهان صورت گرفته است. غده‌های سیب‌زمینی ترشی به سیب‌زمینی شباهت دارند، به استثنای اینکه غده‌های این گیاه حاوی ۸۰-۷۵ درصد کربوهیدرات هستند که به شکل اینولین ذخیره شده است (Cieslike, 1998). این غده‌ها محتوی ۱۶-۱۵ درصد کربوهیدرات، از نوع پلیمرهای D– فروکتوز یا اینولین، به همراه واحدهای گلوکز در انتهای زنجیره هستند (Chekroun et al.,1996). از دیگر مواد موثر در این گیاه، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در اکثر اندام-

[2] Numerical taxonomy

[4] Chemotaxonomy

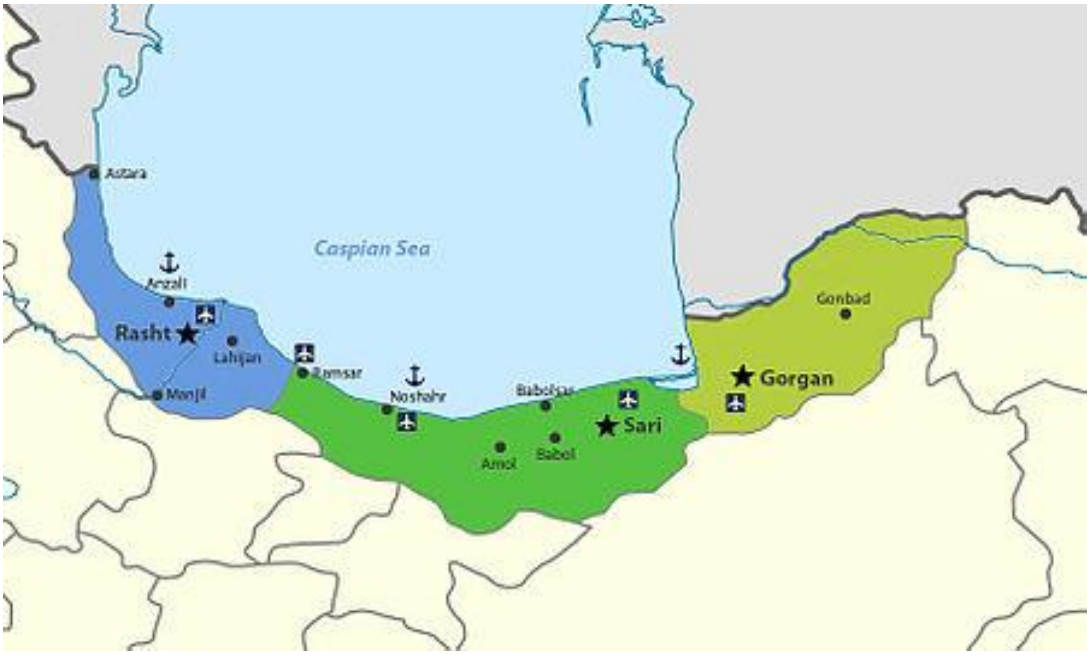
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

های گیاهان دارویی وجود دارند که غلظت و ماهیت آنها در هر اندام متفاوت است (Lincoln et al., 1986). در برخی جنس‌های این خانواده، ترکیباتی از جمله هسپریدین، الاجیک اسید، رزمارینیک اسید، کومارین، وانیلین، اوگنول و کلروژنیک اسیدوجود دارد (Najafian and Moradi, 2017). گیاهان خانواده Asteraceae منابع غنی اسید کلرژنیک هستند. اسیدهای کلروژنیک دارای فعالیت‌های ضدویروسی، آنتی‌اکسیدانی، ضدجهش‌زا، ضدالتهابی و مهار رادیکال هستند. علاوه بر این، *H. tuberosus* به‌عنوان یک محصول چندمنظوره شناخته شده است که بخش هوایی آن توجه بسیاری از محققان را از نظر تولید انرژی زیستی به‌دلیل محتوای سلولزی و عملکرد زیست توده بالا، به خود جلب کرده است(Majewski et al., 2020).

ازآنجاکه این گیاه تنها گونه *Helianthus* در ایران است، نتیجه این مطالعات درجهت آشکارسازی و بهبود وضعیت تاکسونومیکی جمعیت‌های این گیاه در منطقه هیرکانی و شناسایی دقیق‌تر این گیاه کمک نموده و موجب کشف شباهت‌ها و تفاوت‌ها در بین جمعیت‌های آن خواهد گردید. نتایج مطالعات تاکسونومی عددی و کموتاکسونومی در کنار هم، کمک شایانی به بهبود روابط بین جمعیت‌های *H. tuberosus* در شمال ایران خواهد کرد و موجب کشف بهترین جمعیت‌ها از نظر مواد موثر و ترکیبات دارویی خواهد شد.

مواد و روش ها

جمعیت‌های مورد مطالعه در این پژوهش از رویشگاه‌های طبیعی آنها در سه استان شمالی کشور شامل گیلان، مازندران و گلستان (منطقه اکولوژیکی هیرکانی) جمع‌آوری گردید (شکل۱). نمونه‌برداری‌های انجام‌شده از این سه استان شامل ۲۰ جمعیت از گونه *H. tuberosus* بود که در فصل پاییز و در زمان گلدهی جمع‌آوری شدند. مشخصات جغرافیایی جمعیت‌های جمع‌آوری‌شده در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۵- منطقه مطالعاتی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ۱- مختصات جغرافیایی جمعیت‌های جمع‌آوری‌شده *H. tuberosus*

جمعیت‌ها	رویشگاه	طول و عرض جغرافیایی	ارتفاع (m)
1	استان گلستان، گلوگاه	36.7284° N, 53.8102° E	20,5
2	استان گلستان، گرگان	36.8456° N, 54.4393° E	-15
3	گلستان، قرق، کوهپایه ای	36.8456° N, 54.4393° E	506,5
4	گلستان، قرق، جلگه ای	36.8456° N, 54.4393° E	-17
5	مازندران، بهشهر	36.6953° N, 53.5365° E	-11,8
6	مازندران، محمودآباد	36.6329° N, 52.2667° E	-23,5
7	مازندران، بابلسر	36.7049° N, 52.6547° E	-21,9
8	مازندران، نوشهر	36.6494° N, 51.4887° E	-18,0
9	مازندران، سلمان شهر	36.7025° N, 51.1951° E	-19,0
10	مازندران، عباس آباد	36.6459° N, 51.4070° E	-21,0
11	مازندران، تنکابن ۱	36.8155° N, 50.8716° E	-21,4
12	مازندران، تنکابن ۲	36.8155° N, 50.8716° E	-21,4
13	مازندران، رامسر	36.9268° N, 50.6431° E	-21,5
14	مازندران، بیشه کلا(محمودآباد)	36.6509° N, 52.3560° E	21,5
15	مازندران، نور	36.5750° N, 52.0268° E	-20,5
16	گیلان، آستانه اشرفیه استان	37.2598° N, 49.9437° E	-21,5
17	گیلان، تالش	37.8016° N, 48.9073° E	-0,3
18	گیلان، لنگرود	37.1878° N, 50.1575° E	-20,3
19	گیلان، صومعه سرا	37.3049° N, 49.3178° E	-20,3
20	گیلان، شفت	37.1703° N, 49.4017° E	-20,3

مطالعه تاکسونومی عددی

در مطالعه ریخت‌شناسی و تاکسنومی عددی تمام اندام‌های رویشی و زایشی نمونه‌ها مطالعه شدند. قبل از شروع مطالعات مورفومتری ابتدا منابع مطالعاتی موجود شامل کتب، مقالات، فلور آمریکای شمالی و فلور ایران بررسی شدند و سپس ۶۱ صفت مورفولوژیکی برای این مطالعه در نظر گرفته شد (Flora of North America). به منظور بررسی مورفومتری (ریخت شناسی)، پس از تهیه نمونه‌ها به‌صورت هرباریوم، صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. ۱۸صفت کمی و ۴۳ صفت کیفی برای جمعیت‌های *H. tuberosus* تعریف و اندازه‌گیری شدند. به منظور ثبت نتایج دقیق‌تر، برای هر صفت از هر جمعیت حداقل ۵ تکرار انجام شد و سپس میانگین تکرارهای هر صفت برای جمعیت مورد نظر محاسبه گردید. پس از ثبت همه داده‌های اندازه‌گیری‌شده، حالات و اندازه‌های مختلف صفات، به‌صورت عددی کددهی شد و مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تشریح بخشهای مختلف گیاهان، از استریو میکروسکوپ (مدل Novel Trom T101G) استفاده گردید.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

جدول۲- صفات ریخت شناسی کمی در مطالعه تاکسونومی عددی

تعداد	صفات	واحد اندازه گیری	تعداد	صفات	واحد اندازه گیری
۱	طول ساقه	سانتی متر	۱۰	طول برگ های میانی	سانتی متر
۲	قطر ساقه	سانتی متر	۱۱	عرض برگ های میانی	سانتی متر
۳	طول کاسبرگ	سانتی متر	۱۲	طول دمگل	سانتی متر
۴	طول گلبرگ	سانتی متر	۱۳	طول دندانه برگ	سانتی متر
۵	عرض گلبرگ	سانتی متر	۱۴	نسبت طول به عرض برگ	سانتی متر
۶	عرض برگها در میانه	سانتی متر	۱۵	طول دمگل	سانتی متر
۷	عرض گل آذین	سانتی متر	۱۶	فاصله بین دندانه های برگ	سانتی متر
۸	طول برگ های انتهایی	سانتی متر	۱۷	عرض ناحیه دمگل	سانتی متر
۹	عرض برگ های انتهایی	سانتی متر	۱۸	طول میانگره	سانتی متر

جدول ۳- صفات ریخت شناسی کیفی در مطالعه تاکسونومی عددی

تعداد	صفات	تعداد	صفات	تعداد	صفات	تعداد	صفات
۱	ساقه سبز رنگ	۱۲	تراکم کرک برگ	۲۳	تعداد گلبرگ زبانه ای	۳۴	حالت سه رگبرگ اصلی
۲	ساقه ارغوانی	۱۳	سایز کرک برگ	۲۴	گلچه لوله ای منشعب	۳۵	تعداد رگبرگ های اصلی
۳	حالت مقطع عرضی ساقه	۱۴	ضخامت کرک برگ	۲۵	حالت گلبرگ زبانه ای	۳۶	حضور براکته
۴	نقاط زرد رنگ روی ساقه	۱۵	نقاط زردرنگ روی پهنک برگ	۲۶	ضخامت کرک روی رگبرگ اصلی	۳۷	حالت حاشیه براکته
۵	تراکم نقاط زرد رنگ روی ساقه	۱۶	تراکم کرک زیر پهنک برگ	۲۷	تراکم کرک روی رگبرگ اصلی	۳۸	حلقه سلولی اطراف کرک
۶	نقاط زرد رنگ زیر پهنک برگ	۱۷	حالت نوک برگ	۲۸	ضخامت کرک های رگبرگ اصلی	۳۹	تراکم سلولی حلقه اطراف کرک
۷	فرم پهنک برگ	۱۸	آرایش برگ	۲۹	حالت قاعده برگ	۴۰	نوع کرک
۸	تعداد کاسبرگ	۱۹	رگبندی برگ	۳۰	تراکم نقاط زردرنگ برگ	۴۱	حالت کرک روی رگبرگ اصلی
۹	تراکم کرک های ساقه	۲۰	حالت پهنک برگ	۳۱	حالت پهنک برگ جوان	۴۲	نوع رگبندی
۱۰	سایز کرک ساقه	۲۱	حالت دندانه برگ	۳۲	حالت پهنک برگ مسن	۴۳	فاصله بین دندانه های برگ
۱۱	ضخامت کرک ساقه	۲۲	کرک روی دمبرگ	۳۳	سه رگبرگ اصلی		

مطالعات کموتاکسونومی

اسپکتروفتومتری

در این روش برگ‌های خشک‌شده توسط آسیاب برقی پودر شدند. تعدادی از متابولیت‌های گیاهی شامل فنل، فلاونوئید، فلاونول، آنتوسیانین، رنگیزه‌های فتوسنتزی و برخی از کربوهیدرات‌های محلول با عصاره‌گیری‌های ویژه هر دسته از متابولیت‌ها، استخراج و پس از آماده‌سازی با استفاده از دستگاه UV-VIS Spectrophotometer (SU 6100) سنجش شدند. تمام سنجش‌ها با ۳ تکرار انجام شد.

تهیه عصاره متانولی

سنجش فنل، فلاونوئید و فلاونول کل

ابتدا ۰/۰۵ گرم از اندام هوایی با ۵ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد مخلوط شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه امواج ماورای صوت آبی قرار گرفت. محلول به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت 5000 rpm(مدل Stigma 3-30) سانتریفیوژ شد، سپس برای سنجش میزان فنل، فلاونول و فلاونوئید کل استفاده شد. به ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی حاصل، ۱/۲۵ میلی لیتر فولین ۱۰ درصد اضافه شد. پس از قرارگیری در تاریکی ۱ میلی لیتر کربنات سدیم به مخلوط واکنش اضافه شد و جذب مخلوط در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Philler

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

Scientinc Su 100) سنجیده شد. همچنین از ترکیب فنلی اسیدگالیک به عنوان استاندارد برای کمی کردن نتایج استفاده شد و در نهایت میزان فنل کل بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک (mg g^{-1} DW) بیان گردید (Aniworth and Gillespie, 2007). برای سنجش فلاونول کل، به یک میلی‌لیتر عصاره، یک میلی لیتر آلومینیوم کلرید ۲ درصد و ۳ میلی لیتر سدیم استات ۵ درصد اضافه شد. جذب این مخلوط در طول موج ۴۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در این سنجش با استفاده از غلظت‌های مختلف روتین نمودار استاندارد تهیه گردید و در آخر میزان فلاونول کل بر اساس میلی گرم بر گرم وزن خشک بیان شد (Miliauskas, 2004). محتوای فلاونوئید کل به‌روش رنگ سنجی آلومینیوم کلراید اندازه‌گیری شد. به ۲ میلی لیتر عصاره، ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر آلومینیوم کلرید ۱۰ درصد و همین‌طور ۱۰۰ میکرولیتر پتاسیم استات یک مولار به مخلوط افزوده گردید و در نهایت جذب مخلوط در طول موج ۴۱۵ نانومتر ثبت شد. از ترکیب فنلی روتین به عنوان استاندارد برای کمی‌کردن نتایج به‌دست‌آمده استفاده شد و در آخر میزان فلاونوئیدکل بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بیان گردید (Akkol, 2008; Miliauskas, 2004).

سنجش کربوهیدرات‌های محلول

گلوکز

به‌منظور سنجش قندهای محلول، ۰/۰۵گرم از اندام هوایی گیاه ۱/۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۰/۱ مولار به خوبی هموژن شد. نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در دستگاه ماوراء صوت آبی به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰ rpm در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شدند و محلول رویی برای اندازه‌گیری میزان قند مورد استفاده قرار گرفت. به ۰/۵ میلی لیتر از عصاره به‌دست‌آمده، ۰/۵ میلی لیتر فنل ۵ درصد و ۲/۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد. در نهایت جذب در طول موج ۴۸۵ نانومتر ثبت شد و از استاندارد گلوکز برای بررسی داده‌های به‌دست‌آمده استفاده شد (Akkol and Goger, 2008).

فروکتوز و اینولین

ابتدا ۰/۰۵ گرم از اندام هوایی و غده‌های زیرزمینی هر جمعیت وزن شد و با ۱/۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار به خوبی مخلوط شد. نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در دستگاه امواج فراصوت آبی به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰rpm در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند و از محلول رویی به منظور بررسی قند استفاده شد. به‌منظور بررسی میزان قند موجود، از روش آنترون استفاده شد به‌این‌صورت که به ۰/۵ میلی لیتر از محلول به‌دست‌آمده، ۴۷۵ میکرولیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار و سپس به آن ۲۵ میکرولیتر از محلول به‌دست‌آمده، ۲/۵ میلی لیتر محلول آنترون ۰/۰۲ درصد اضافه شد. پس از قرار دادن نمونه ها در حمام آب، جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۲۵ (فروکتوز) و ۵۲۰ نانومتر(اینولین- پلیمر فروکتوز) ثبت شد. همچنین از استاندارد فروکتوز برای بررسی داده‌های به‌دست‌آمده استفاده گردید (Jermyn, 1956).

سنجش آنتوسیانین کل

ابتدا عصاره‌گیری با متانول اسیدی (متانول و کلریدریک اسید ۱:۹۹) انجام شد و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد. سپس با سرعت ۵۰۰۰ rpm در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد و مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. در نهایت جذب محلول رویی در طول موج ۵۵۰ نانومتر ثبت شد و میزان آنتوسیانین با استفاده از ضریب خاموشی (ε =33000 mol/cm^2) محاسبه گردید (A = جذب; b = عرض کووت; c= غلظت محلول مورد نظر)(Wagner, Masukasu, 2006; 1979).

رابطه ۱ $A = \varepsilon\, b\, c$

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی

کلروفیل و کاروتنوئید

ابتدا عصاره‌گیری با استن ۸۰ درصد انجام شد و مخلوط حاصل به‌وسیله صافی (واتمن) جداسازی شد، سپس در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ ثبت شد و میزان کلروفیل a، b وکاروتنوئید با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (A = جذب؛ V= حجم عصاره؛ W= وزن نمونه (1987, Arnon, 1949; Lichtenthaler).

رابطه ۲

$$\text{Chlorophyll a} = (12.7 * A_{663} - 2.69 * A_{645}) V/100W$$

رابطه ۳

$$\text{Chlorophyll b} = (22.9 * A_{645} - 4.68 * A_{663}) V/100W$$

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

رابطه ۴

$$Carotenoids = [((1000 * A_{470}) - (1.82 * chl.\ a) - (85.02 * chl.\ b))/198]\ V/1000W$$

نتایج

مطالعه تاکسونومی عددی

برای تعیین دوری و نزدیکی بین گونه‌ها و جمعیت‌های مورد مطالعه در این پژوهش از آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی(PCA) و آزمون دانکن استفاده گردید. برای به‌دست-آوردن تعداد عوامل اصلی جداکننده جمعیت‌ها از نمودار اسکری پلاتو برای آنالیز داده‌ها از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. در خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی به‌روش WARD، ازآنجاکه تعداد خوشه‌ها قبل از گروه‌بندی مشخص نیست، ابتدا میانگین متغیرها در داخل هر خوشه محاسبه شد، سپس برای هر مشاهده، میانگین خوشه‌ها محاسبه گردید. صفات مربوط به هر جمعیت اندازه‌گیری شدند. به تمام صفات کد اختصاصی تعلق گرفت و با نرم‌افزار SPSS دندروگرام و اسکری پلات رسم شد تا روابط بین جمعیت‌ها به‌وضوح مشخص شود. صفات پس از اندازه‌گیری و کددهی، تجزیه و تحلیل شد و نمودار خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی آنان با استفاده از روش WARD مطالعه شد.

جدول ۴- مقادیر صفات کمی و کیفی جمعیت‌های مورد مطالعه

جمعیت ها	طول نمونه	تعداد گلبرگ	طول و عرض گلبرگ	حالت گلبرگ	تعداد کاسبرگ	طول کاسبرگ	حالت برگ مسن	رنگ ساقه
۱. گلستان، گلوگاه	۱۶۰	۱۲	۵/۵ ۱	نیزه ای	۲۰	۱	نیزه ای	ارغوانی
۲. گلستان، گرگان	۱۵۰	۱۲	۵ ۱	پهن	۲۰	۱	نیزه ای	سبز
۳. گلستان، قرق، کوهپایه	۱۵۰	۱۳	۵/۵ ۱	نیزه ای	۲۵	۱	نیزه ای	ارغوانی
۴. گلستان، قرق، جلگه	۱۵۰	۱۲	۵/۵ ۱	نیزه ای	۲۵	۱	نیزه ای	ارغوانی
۵. مازندران، بهشهر	۱۵۰	۱۲	۵/۵ ۱	نیزه ای	۲۰	۱	نیزه ای	ارغوانی
۶. مازندران، محمودآباد	۱۵۰	۱۳	۴/۵ ۱/۵	نیزه ای	۲۲	۲	پهن	ارغوانی
۷. مازندران، بابلسر	۱۵۰	۱۳	۴/۵ ۱	پهن	۲۰	۱	پهن	سبز
۸. مازندران، نوشهر	۱۵۵	۱۲	۵ ۱	باریک	۲۳	۱	پهن	ارغوانی
۹. مازندران، سلمان شهر	۱۶۰	۱۳	۴ ۱	نیزه ای	۲۲	۱/۵	پهن	ارغوانی
۱۰. مازندران، عباس آباد	۱۶۰	۱۳	۴ ۱	نیزه ای	۲۰	۱/۵	پهن	سبز
۱۱. مازندران، تنکابن ۱	۱۵۰	۱۲	۴/۵ ۱	نیزه ای	۲۳	۱	پهن	ارغوانی
۱۲. مازندران، تنکابن ۲	۱۰۰	۱۴	۴ ۱/۵	پهن	۲۵	۱/۵	پهن	ارغوانی
۱۳. مازندران، رامسر	۱۵۰	۱۲	۴ ۱	نیزه ای	۲۰	۱	پهن	سبز
۱۴. مازندران، بیشه کلا	۱۵۰	۱۱	۵ ۱/۵	نیزه ای	۲۳	۲/۵	پهن	ارغوانی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

ادامه جدول (۴)

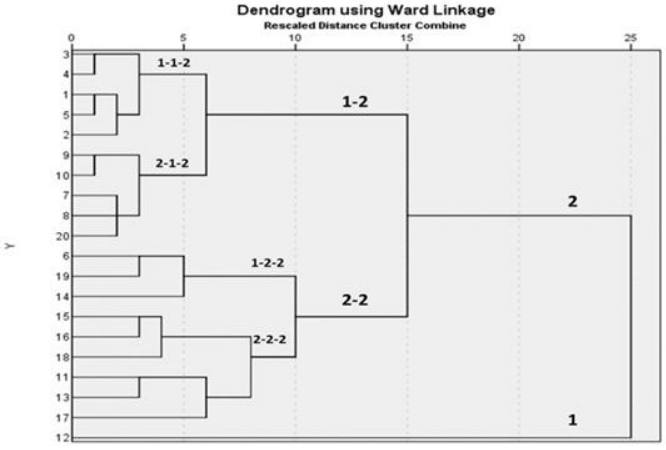
جمعیت ها	طول نمونه	تعداد گلبرگ	طول و عرض گلبرگ	حالت گلبرگ	تعداد کاسبرگ	طول کاسبرگ	حالت برگ مسن	رنگ ساقه
۱۵. مازندران، نور	۱۸۰	۱۲	۵/۵ ۱/۵	نیزه ای	۲۱	۲/۵	پهن	ارغوانی
۱۶. گیلان، آستانه اشرفیه	۱۸۰	۱۴	۴ ۱	نیزه ای	۲۰	۲	پهن	سبز
۱۷. گیلان، تالش	۱۵۰	۱۳	۴ ۱	پهن	۲۰	۲	پهن	ارغوانی
۱۸. گیلان، لنگرود	۱۵۰	۱۳	۴ ۱	نیزه ای	۲۰	۲	پهن	سبز
۱۹. گیلان، صومعه سرا	۱۸۰	۱۳	۴ ۱	نیزه ای	۲۰	۱	پهن	سبز
۲۰. گیلان، شفت	۱۶۵	۱۳	۴ ۱	نیزه ای	۲۰	۱	پهن	سبز

نتایج حاصل از بررسی نمودار تجزیه و تحلیل خوشه ای WARD

نمودار موبوط به داده های مورفومتری، شاخه اصلی در سطح ۲۵ به دو شاخه فرعی ۱ و ۲ تقسیم گردید که حدود ۷۵ درصد مشابهت صفات را دربرمی‌گیرد. طبق اطلاعات این نمودار، نمونه مشکوک با کد ۱۲ وجه تشابه کمتری نسبت به نمونه‌های دیگر داشته است. به‌منظور تعیین عوامل و صفات مهمی که در جداسازی جمعیت‌های مورد مطالعه براساس صفات ریخت‌شناختی، دارای بیشترین تاثیر بوده و باعث تفکیک جمعیت‌ها از هم شدند، نمودار اسکری پلات برای صفات مورد مطالعه ترسیم شد.

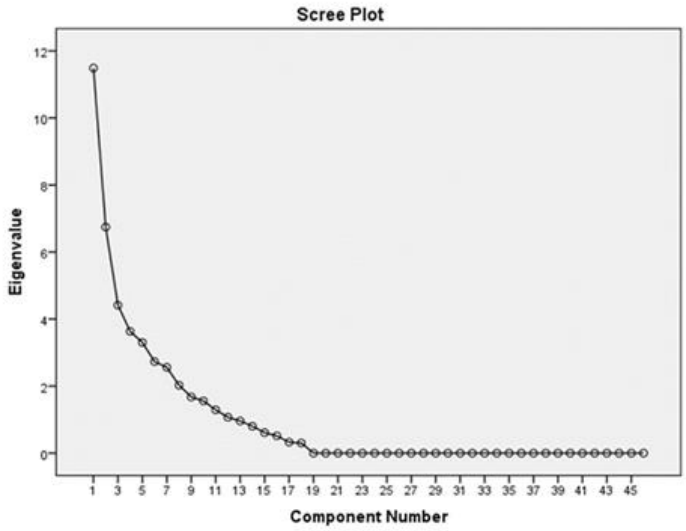
صفات مهم و موثر در تفکیک جمعیت ها در مطالعه تاکسونومی عددی

از میان ۸ مولفه اصلی تاثیرگذار در واریانس کل، ۳ مولفه اول بیشترین تاثیر را داشته و مولفه‌های اصلی بعدی علی رغم موثر بودن در ایجاد واریانس، درصد کمی را به خود اختصاص داده‌اند. مولفه اصلی اول با ۲۴/۷ درصد،بیشترین مقدار واریانس را شامل شده که در برگیرنده ۳۵ صفت کمی و کیفی بوده است. این مولفه صفاتی چون قطر ساقه، طول کاسبرگ، عرض گل آذین کپه، طول برگ در قسمت میانی گیاه، عرض برگ در قسمت میانی، طول دمبرگ، طول برگ در قسمت راسی، طول دندانه حاشیه برگ، طول دمگل، فاصله بین دندانه‌های برگ، عرض گبرگ، فاصله بین برگ-ها، تراکم کرک ساقه و... را دربرمی‌گیرد.



شکل ۶- نمودارخوشه ای WARD بدست آمده از داده های مورفومتری

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]



شکل۷- نمودار اسکری پلات حاصل از داده های مورفومتری

مطالعه کموتاکسونومی

بررسی میزان فنل، فلاونوئید و فلاونول کل در بین جمعیت-های جمع‌آوری‌شده نشان داد که جمعیت‌های شماره ۲۱ (رامسر) از استان مازندران و شماره۲ (گرگان) از استان گلستان، به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فنلی را نشان دادند. بررسی میزان آنتوسیانین، کلروفیل a و b و کاروتنوئید کل در بین جمعیت‌های مختلف نشان داد که جمعیت‌های شماره ۸ (نوشهر) و شماره ۱ (گلوگاه) به-ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان آنتوسیانین بودند. جمعیت‌های شماره ۱۳ (رامسر) و ۷ (بابلسر) از استان مازندران، دارای حداکثر میزان کلروفیل‌ها و جمعیت‌های شماره ۱ (گلوگاه) و ۴ (قرق جلگه‌ای) دارای حداقل میزان کلروفیل‌های a و b بودند. در بررسی میزان کاروتنوئید نیز جمعیت‌های شماره ۱۶ (آستانه اشرفیه) و ۵ (بهشهر) به-ترتیب دارای کمترین و بیشترین میزان بودند. میانگین سه تکرار در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۵- مقایسه میزان متابولیت‌های گیاهی در جمعیت های *H. tuberosus*

جمعیت ها	فنل	فلاونول	فلاونوئید	آنتوسیانین	کاروتنوئید	کلروفیل b	کلروفیل a
۱	۱۰/۹۵^{ef}	۷/۶۶ ^{c}	۳۶/۵۹^{efg}	۰/۹۳^{g}	۰/۴۱^{hi}	۰/۴۴^{fg}	۰/۹۰^{h}
۲	۳/۰۲^{k}	۴/۲۹^{g}	۱۵/۷۸^{k}	۱/۶۷^{ef}	۰/۴۵^{ghi}	۱/۴۹^{efg}	۱/۰۵^{g}
۳	۱۱/۳۵^{e}	۶/۵۰^{de}	۳۶/۵۹^{fgh}	۲/۰۰^{bc}	۰/۶۴^{efgh}	۱/۲۹^{efg}	۱/۵۳^{f}
۴	۶/۰۰ ^{e}	۴/۴۸^{g}	۲۲/۱۱^{g}	۰/۹۷^{g}	۰/۴۴^{ghi}	۰/۴۰^{g}	۰/۸۸^{h}
۵	۶/۰۲^{i}	۶/۲۶^{i}	۲۲/۸۰^{g}	۱/۱۸^{i}	۰/۳۸^{i}	۰/۴۹^{fg}	۰/۹۷^{gh}
۶	۱۳/۹۳^{d}	۶/۶۷^{d}	۳۱/۵۹^{gh}	۲/۱۳^{b}	۰/۴۴^{cdef}	۱/۵۲^{a}	۱/۸۷^{d}
۷	۸/۶۵^{e}	۶/۲۷^{def}	۳۲/۵۹^{fgh}	۱/۹۱^{cd}	۰/۸۱^{cdef}	۱/۶۰^{a}	۲/۰۷^{bc}
۸	۱۳/۹۱^{d}	۵/۸۵^{fgh}	۳۷/۳۷^{def}	۲/۵۲^{a}	۰/۸۹^{cde}	۱/۴۶^{ab}	۲/۰۷^{bc}
۹	۱۶/۰۹^{c}	۷/۳۴^{c}	۴۱/۹۸^{bcd}	۰/۹۸^{g}	۰/۴۹^{ghi}	۰/۶۳^{ef}	۱/۱۲^{g}
۱۱	۱۴/۰۴d	۷/۷۴c	۴۴/۰۱b	۱/۳۳i	۱/۰۱bcd	۱/۴۳ab	۱/۸۹d

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

ادامه جدول ۵

جمعیت ها	فنل	فلاونول	فلاونوئید	آنتوسیانین	کاروتنوئید	کلروفیل b	کلروفیل a
۱۲	۱۷/۱۹bc	۸/۳۲b	۵۳/۵۳a	۱/۵۹fg	۰/۶۴efgh	۱/۱۰d	۲/۴۱a
۱۳	۲۰/۵۳a	۹/۳۶a	۵۷/۲۴a	۱/۶۱fg	۱/۰۳bc	۱/۳۲bc	۲/۴۵a
۱۴	۱۱/۹۳e	۸/۳۰b	۴۳/۲۳bc	۱/۹۶bc	۰/۶۸efg	۱/۱۴cd	۲/۱۸b
۱۵	۱۰/۰۷f	۶/۱۶efg	۲۹/۶۶ih	۱/۸۵cde	۰/۹۸bcd	۱/۱۷cd	۲/۳۵a
۱۶	۶/۰۸i	۵/۷۶gh	۲۵/۲۶ig	۱/۹۳cd	۱/۳۲a	۱/۱۶cd	۲/۱۳b
۱۷	۱۱/۷۳e	۶/۴۹de	۳۸/۶۲cde	۱/۱۹i	۰/۶۱fghi	۰/۵۳fg	۱/۵۱f
۱۸	۷/۳۴h	۶/۶۶h	۲۲/۹۳g	۲/۱۵b	۱/۱۴ab	۱/۰۰d	۱/۶۸e
۱۹	۹/۸۲f	۶/۱۱efg	۳۲/۸۰fgg	۱/۴۵gh	۰/۷۶def	۰/۹۸d	۱/۹۶cd
۲۰	۴/۱۹g	۶/۰۶efgh	۲۴/۶۶ig	۱/۷۴def	۰/۸۷cde	۰/۷۵e	۱/۶۸e

اعداد در یک ستون با حروف متفاوت، از نظر آماری با آزمون دانکن در نرم‌افزار (SPSS) در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری هستند. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه با هم اختلاف ندارند. مقادیر فنل، فلاونوئید، فلاونول، کاروتنوئید، کلروفیل a و b با واحد میلی گرم بر گرم وزن خشک($mg\ g^{-1}\ DW$) اندازه‌گیری شدند.

جدول ۶- مقایسه میزان کربوهیدرات‌های محلول در جمعیت‌های *H. tuberosus*

کد جمعیت	فروکتوز، برگ	فروکتوز، غده	اینولین، برگ	اینولین، غده	گلوکز، برگ
۱	۱۶۴/۶۳^{b}	۳۳۶	۱۰۰/۶۹^{bc}	۱۹۶/۱۲۵^{lmm}	۲۶۱/۰۶^{bc}
۲	۱۸/۱۹^{g}	۵۱۹	۱۸/۳۸^{i}	۳۳۶/۳۷^{b}	۱۶۰^{g}
۳	۲۴۰^{a}	۴۹۶	۱۳۱/۵۰^{a}	۳۱۵/۷۵^{bcd}	۲۷۷/۱۸^{b}
۴	۱۰۶/۵^{cd}	۴۳۸/۷۵	۱۱۵/۵^{ab}	۲۶۳/۲۵^{gh}	۳۳۷/۹۸^{a}
۵	۱۸۴/۶۹^{b}	۴۸۵/۶۳	۱۰۷/۰۶^{bc}	۳۱۰/۱۳^{bcd}	۲۵۷/۲۱^{bc}
۶	۲۴^{fg}	۴۴۲/۵	۲۴/۹۴^{hi}	۲۹۱/۳۸^{def}	۱۶۲/۹۸^{fg}
۷	۴۰/۳۱^{efg}	۴۳۴/۲۵	۳۲/۴۴^{ghi}	۲۸۵/۷۵^{efg}	۱۹۲/۹۸^{de}
۸	۵۲/۶۹^{efg}	۳۲۵/۸۷	۴۰/۳۱^{fgh}	۲۰۴/۳۸^{kl}	۱۶۱/۹۲^{fg}
۹	۱۵۴/۸۸^{b}	۳۸۶/۲۵	۹۲/۲۵^{c}	۲۴۸/۲۵^{hij}	۲۷۰/۳۸^{b}
۱۰	۱۸۹^{b}	۴۵۳/۸۳	۱۱۵/۶۹^{ab}	۳۱۶/۸۷^{bcd}	۱۹۲/۲۵^{de}
۱۱	۵۴/۷۵^{efg}	۴۳۹/۲	۵۵/۱۳^{def}	۲۲۸^{jkl}	۷۶/۰۲^{h}
۱۲	۳۹/۱۹^{efg}	۴۷۸/۸۷	۳۷/۱۳^{fghi}	۳۰۸/۶۳^{cde}	۵۹/۴۸^{h}

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

ادامه جدول ۶

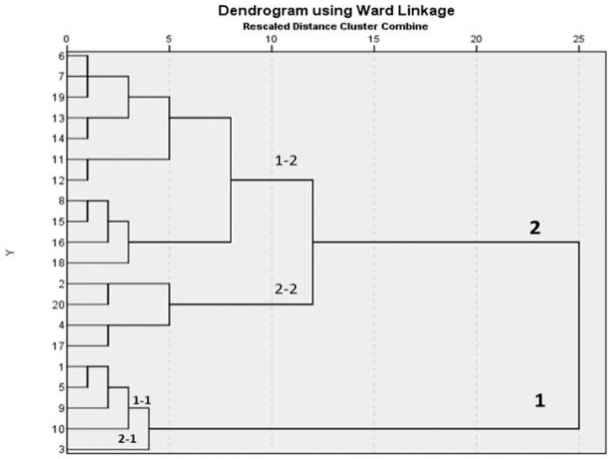
کد جمعیت	فروکتوز، برگ	فروکتوز، غده	اینولین، برگ	اینولین، غده	گلوکز، برگ
۱۳	۷۷/۴۴^{cde}	۵۲۲/۳۷	۶۱/۳۱^{de}	۳۶۱/۸۷۵^{a}	۲۱۳/۰۷^{d}
۱۴	۷۲/۹۴^{cde}	۳۷۷/۲۵	۴۱/۴۴^{efgh}	۲۵۷/۲۵^{hi}	۲۳۹/۰۱^{c}
۱۵	۷۱/۰۶^{cdef}	۲۹۹/۲۵	۴۷/۶۳^{efg}	۱۷۸/۵^{m}	۲۰۵/۴۸^{de}
۱۶	۷۳/۸۸^{cde}	۴۸۹/۳۷	۴۸/۹۴^{efg}	۳۱۹/۱۳^{bc}	۱۹۲/۵۹^{de}
۱۷	۱۱۳/۲۵^{c}	۴۳۳/۵	۷۰/۵^{d}	۲۷۲/۶۳^{fgh}	۲۵۵/۱۹^{bc}
۱۸	۵۵/۱۳^{efg}	۱۶۶/۸۸	۳۳/۳۸^{ghi}	۹۷/۱۳^{n}	۱۸۳/۲۷^{efg}
۱۹	۳۴/۱۳^{efg}	۴۰۶/۸۷	۲۸/۳۸^{ghi}	۲۵۹/۸۸^{ghi}	۱۸۶/۵۴^{ef}
۲۰	۷۵/۰۹^{defg}	۳۷۸/۷۵	۴۳/۳۱^{efdd}	۲۳۴^{ij}	۲۱۵/۳۸^{d}

*اعداد در یک ستون با حروف متفاوت، از نظر آماری با آزمون دانکن در نرم‌افزار SPSS در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه با هم اختلاف ندارند. مقادیر همه کربوهیدرات‌ها با واحد میلی‌گرم بر گرم وزن خشک (mg g^{-1} DW) به‌غیر از غده‌ها اندازه‌گیری شدند.

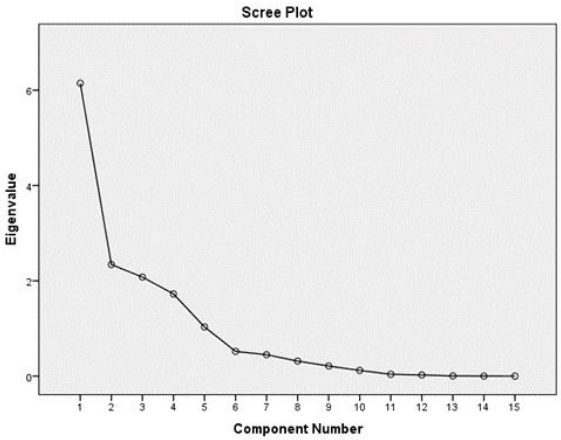
نمودارهای به‌دست‌آمده از مطالعه کموتاکسونومی

باتوجه به اطلاعات نمودار اسکری پلات ترسیم‌شده و جدول شرح واریانس‌های صفات فیتوشیمیایی، درمی‌یابیم که ۵ مولفه اصلی در تفکیک و دسته‌بندی این ۲۰ جمعیت موثر بوده‌اند. مولفه اصلی اول با ۴۰/۹۷ درصد از واریانس کل، تاثیرگذارترین مولفه شناخته شد. مولفه اصلی دوم ۱۵/۶۰، مولفه اصلی سوم ۱۳/۸۵، مولفه اصلی چهارم ۱۱/۵۰ و مولفه اصلی پنجم ۶/۸۸ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص دادند. باتوجه به اطلاعات جدول ماتریکس عوامل دریافت می‌شود که در تشکیل مولفه اصلی اول صفاتی چون میزان قند مانوز، گلوکز، رامنوز، زایلوز، فروکتوز و اینولین برگ‌ها و همچنین فروکتوز و اینولین غده‌ها دخالت داشتند. برای مولفه اصلی دوم نیز صفاتی چون مقادیر فنل، فلاونول، فلاونوئید، کلروفیل a، فروکتوز و اینولین موجود در برگ ها و همچنین فروکتوز و اینولین موجود در غده اهمیت داشتند. برای مولفه اصلی سوم نیز تمامی صفات، جز مقادیر فروکتوز و اینولین غده‌ها دخیل بوده‌اند. همچنین در ایجاد مولفه اصلی چهارم، همه صفات به‌جز مقادیر سطح فنل و فروکتوز و اینولین برگ‌ها موثر بوده‌اند. در این نمودار نیز، شاخه اصلی در سطح ۲۵ به دو شاخه فرعی ۱ و ۲ تقسیم گردید که نشان‌دهنده حدود ۷۵ درصد مشابهت در صفات مورد بررسی است. در این نمودار، جمعیت‌های دارای سطوح مشابه ترکیبات ثانویه به‌هم نزدیک شده و در کنار هم قرار گرفتند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]



شکل ۸- نمودار خوشه ای WARD بدست آمده از مطالعه کموتاکسونومی



شکل۹- نمودار اسکری پلات حاصل از مطالعه کموتاکسونومی

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه تعدادی از صفات کیفی و کمّی ریخت‌شناسی و متابولیت‌های موجود در اسانس و عصاره‌های مختلف گیاهی به‌عنوان صفات فیتوشیمیایی در جمعیت‌های *H. tuberosus* در شمال ایران مطالعه شد. نتایج هر دو مطالعه به‌خوبی جمعیت‌ها را از هم تفکیک نمود. برطبق نتایج مطالعه مورفومتری، جمعیت‌های غرب استان مازندران نزدیکی بیشتری با جمعیت‌های استان گیلان داشتند و همچنین جمعیت‌های شرق استان مازندران به جمعیت‌های استان گلستان شبیه‌تر بودند. مطالعه فیتوشیمیایی نیز برحسب متابولیت‌های سنجش‌شده، جمعیت‌های سه استان را به‌خوبی از یکدیگر تفکیک نمود. به‌عنوان یک قانون، متابولیت‌های ثانویه در اعضای یک کلاد و گیاهان یک تاکسون یکسان و مشابه هستند، بنابراین محتوای متابولیت‌های گیاهان می‌توانند به‌عنوان یک نشانگر تاکسونومیکی برای تشخیص گیاهان استفاده شوند (Wink, 2003). سیستم رده‌بندی شیمیوتاکسونومیکی به شباهت شیمیایی تاکسون‌ها بستگی دارد (Atal, 1982; Rasoul *et al*., 2010). محتوای متابولیت‌های گیاهان به‌نسبت صفات مورفولوژی، اطلاعات بیشتری از فعل و انفعالات و الگوی زیست فعالی گیاهان نشان می‌دهند. طبقه‌بندی مبتنی بر این متابولیت‌ها نه‌تنها روابط فیلوژنتیکی گیاهان را آشکار می‌کنند، بلکه می‌توانند برای ترکیبات زیست فعال گیاهان و خواص آنها مورد مطالعه قرار گیرند و به حل مشکلات تاکسونومی کمک کنند (Liu et al., 2015). فنل‌ها، آلکالوئیدها، ترپنوئیدها و اسیدهای آمینه غیرپروتئینی چهار گروه مهم از ترکیبات شیمیایی هستند که به‌طور گسترده‌ای برای طبقه‌بندی شیمیوتاکسونومیکی مورد استفاده قرار گرفته اند. ترکیبات گلیکوزیدی نیز می‌توانند ارزش شیمیوتاکسونومی داشته باشند. برای مثال فلاونول‌های گلیکوزیدی می‌توانند نشانگر شیمیوتاکسونومیکی خوبی برای شناسایی گونه‌های گل رز

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

باشند (Sarangowa *et al*., 2014). در پژوهشی، برای شناسایی و تعیین ترکیبات فنلی در برگ *Helianthus tuberosus* از کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا، همراه با طیف سنجی توده‌ای(HPLC-MS.MS) استفاده شد و تجزیه کمی نیز با استفاده از HPLC انجام شد و مجموعه‌ای از ترکیبات فنلی کافئین‌دار از جمله اسیدکافئولینیک و اسید کافئیک از برگ‌های این گیاه استخراج شد (Chen *et al*, 2014).

سانکانوک و همکاران(Saengkanuk et al., 2011) در پژوهشی میزان قند اینولین را در ۱۱ واریته از گیاه *H. tuberosus* مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که روش اسپکتروفتومتری می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای آنالیز کروماتوگرافی برای تعیین مقادیر اینولین در نمونه‌های گیاهی استفاده شود.

همچنین طی مطالعه‌ای، بر اساس ترکیبات ترپنوئیدی و آروماتیک گیاهی، خانواده‌های Myrtaceae، Lauraceae، Asteraceae، Lamiaceae، Rutaceae، Verbenaceae، Piperaceae و Umbelliferae توزیع و دسته‌بندی شدند (Bhargava *et al*., 2013).

طبق پژوهشی دیگر، جنس Latua، بر اساس نوع خاصی از متابولیت‌ها به زیر خانواده Solanoideae منتقل شد(Olmstead *et al*., 2008). در مطالعه‌ای دیگر اثبات شد که فلاونوئیدها به‌عنوان نشانگرهای شیمیوتاکسونومیکی برای خانواده آفتابگردان در سطح طایفه و زیرطایفه عمل می‌کنند (Emerenciano *et al*., 2001). براساس نقش موثر متابولیت‌های گیاهی و اهمیت آن در رده‌بندی تاکسون‌ها، در این پژوهش نیز گروهی از متابولیت‌های ثانویه سنجش و اندازه‌گیری شد و ازآنجاکه اکثر این متابولیت‌ها جایگاه دقیق تاکسونومیکی گیاهان را آشکار می‌کند، نتایج مطالعه شیمیوتاکسونومی کمک شایانی به بهبود روابط بین جمعیت‌های *H. tuberosus* در شمال ایران خواهد کرد. طی سنجش‌های انجام‌شده، سطوح بالایی از ترکیبات فنلی از جمعیت‌های این گیاه ثبت شد. لذا مقایسه جمعیت ها از نقطه‌نظر فنلیک اسیدها می تواند مفید و موثر باشد. از بین فنل، فلاونوئید و فلاونول سنجیده شده، فلاونوئیدها به‌میزان بیشتری در جمعیت‌های مورد مطالعه حضور داشتند. ازآنجاکه برگ‌های این گیاه منبعی غنی از ترکیبات فنلی کافئین‌دار هستند (Chen *et al*, 2014)، در نتیجه مقایسه جمعیت‌های این گیاه از نظر فنلیک اسیدها می‌توانند گزینه خوبی برای تفکیک و دسته-بندی جمعیت‌های مربوط باشند. جمعیت‌های این پژوهش از نظررنگیزه‌های کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین نیز مقایسه شدند. طی تحقیقات انجام‌شده گروهی از رنگیزه-های آنتوسیانینی و کاروتنوئیدی از جنس‌های این خانواده به‌ثبت‌رسیده است (Kaszás *et al*., 2018). در میان ترکیبات شیمیایی گیاهی، لاکتون‌های سسکوئی ترپن، اسیدهای فنولیک، گلوکوزیدهای فلاون، کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها توسط چندین نویسنده در کل گیاه یا اندام-های مختلف مثل غده، برگ یا گل توصیف شده‌اند (Chae, 2002؛ Johansson *et al*., ؛ Oleszek *et al*., 2019؛ 2015؛ Chen *et al*., 2014؛ Yuan *et al*., 2012؛ Kaszás ؛Pan *et al*., 2009؛ Showkat *et al*., 2009 *et al*., 2020).

از آنجاکه سالها است خواص آنتی‌اکسیدانی رنگیزه‌های گیاهی اثبات شده است، تعیین جمعیتی با حداکثر میزان رنگیزه‌های سنجیده شده می‌تواند از جنبه‌های مختلف مورد توجه و استفاده قرار گیرد. جمعیت‌های این پژوهش، از نظر قند داروئی اینولین نیز مورد سنجش و آنالیز قرار گرفتند. ازآنجاکه از این قند باارزش در زمینه‌های صنعتی، تجاری و درمانی استفاده می‌شود، تعیین جمعیتی که بیشترین میزان از این قند را به ثبت رسانده است، می‌تواند جالب توجه باشد. علاوه بر اینکه سنجش میزان متابولیت‌ها می‌تواند به شناخت بهترین جمعیت از گیاهان دارویی یک منطقه کمک کند، دسته‌بندی و تفکیک جمعیت‌های مورد مطالعه بر اساس متابولیت‌های سنجیده‌شده می‌تواند دورنمای روشنی از روابط بین جمعیت‌های *H. tuberosus*، که تاکنون گونه دیگری از آن در ایران به ثبت نرسیده است، ارائه دهد. نتیجه این مطالعه کموتاکسونومی، دندروگرامی بود که به‌خوبی جمعیت‌های این گیاه را بر اساس میزان ترکیبات متابولیتی، از هم دور یا به هم نزدیک کرد. بدیهی است جمعیت‌هایی که در شرایط و زیستگاه‌های یکسانی از نظر اکولوژیکی رشد یافته‌اند، از نظر سطح ترکیبات و مواد موثر، به‌هم شبیه‌ترند و در انشعابات نزدیک‌تری نسبت به هم قرار می‌گیرند. جمعیت تنکابن ۲ که در مطالعات مورفومتری از سایرین جدا افتاده بود، از نظر متابولیت‌های ثانویه سنجش شده، اختلاف فاحشی با سایرین نداشت و در کنار جمعیت تنکابن ۱ که در رویشگاه مشترکی حضور داشتند قرار گرفت. این دو جمعیت کاملا در کنار هم رشد

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

یافته (با فاصله کمتر از یک متر) و از محیط و شرایط اکولوژیکی یکسانی برخوردار بودند. مطالعه شیمیوتاکسونومی حاضر، مهر تاییدی بر یکسان بودن شرایط اکولوژیکی جمعیت‌های مورد مطالعه، به‌خصوص جمعیت‌های تنکابن ۱ و ۲ بوده است.

در مطالعه تاکسونومی عددی، وجود اختلاف در خصوصیات مورفولوژیکی برخی جمعیت‌ها را تایید نمود. در این مطالعه، صفات کمی و کیفی هر دو به یک اندازه در تفکیک و دسته‌بندی جمعیت‌ها موثر بوده‌اند. نمودار خوشه‌ای حاصل از صفات مورفومتری، به دو شاخه منشعب شد و با دسته‌بندی جمعیت‌ها، ناحیه مطالعاتی را به دو قسمت شرق و غرب تقسیم کرد. جمعیت‌های واقع در استان گلستان تا شرق و میانه استان مازندران، در یک شاخه فرعی کنار هم قرار گرفتند. همچنین جمعیت‌های واقع در استان گیلان تا غرب و میانه استان مازندران تا حدودی به هم نزدیک شدند. این دسته‌بندی نشان‌دهنده نزدیکی مورفولوژیکی بین جمعیت‌هایی است که در شاخه‌هایی با فاصله کمتر نسبت به یکدیگر قرار گرفتند. به استثنای جمعیت شماره ۲۰ (شفت-گیلان) که در کنار جمعیت‌های گلستان و مازندران (شرق ناحیه مطالعاتی) قرار گرفت و نیز جمعیت شماره ۶ (محمودآباد- مازندران) که به جمعیت‌های غرب مازندران و استان گیلان نزدیک شد. از جمله دلایل این موارد استثناء می‌توان به مواردی چون شرایط اکولوژیکی رویشگاه مربوط و خطای محقق حین اندازه‌گیری اشاره کرد. از دیگر موارد استثناء در دندروگرام صفات مورفومتری، جمعیت تنکابن ۲ (کد ۱۲) بود که به‌تنهایی به‌صورت یک شاخه فرعی از ابتدای نمودار، از شاخه اصلی جدا شد که اختلافات مورفولوژیکی این جمعیت با سایر جمعیت‌ها را تایید می‌کند. با توجه به جمع‌آوری گسترده‌ای که در رویشگاه‌های طبیعی انجام شد و انتظار می‌رفت جمعیت‌ها در صفات ریختی معمول، یکسان و مشابه باشند، این نمونه در منطقه تنکابن، در کنار سایر پایه‌های *H. tuberosus* یافت شد که از لحاظ ریختی و مورفولوژیکی دارای تفاوت‌هایی با سایر نمونه‌ها بود، که مطالعه مورفومتری نیز این واقعیت را تایید نمود. این نمونه دارای برگ‌های پهن تر و کرک‌های بیشتر روی ساقه و برگ و همچنین دارای گلبرگ‌های پهن‌تر و کوتاه‌تر از سایر جمعیت‌ها بوده است. لذا با بررسی‌های بیشتر مورفولوژیکی و مطالعات مورفومتری، اختلاف و تفاوت‌های ریخت‌شناسی این جمعیت آشکار شد. این دسته‌بندی نشان‌دهنده نزدیکی مورفولوژیکی بین جمعیت‌هایی است که در شاخه‌هایی با فاصله کمتر نسبت به یکدیگر قرار گرفتند. از مطالعات مشابه می‌توان به مطالعه Osman در سال ۲۰۱۱ اشاره کرد که چند طایفه از خَانواده آفتابگردان را مورد مطالعه مورفومتری قرار داد. طایفه‌های مورد مطالعه با روش‌های آماری آنالیز Cluster و PCA به دو گروه اصلی و پنج زیرگروه تقسیم شدند. همچنین طبق پژوهش انجام‌شده توسط خان‌بیگی و همکاران (Ahmad-Khanbeygi et al., 2011) تعدادی از طایفه‌های خانواده Geramineae را با تاکسونومی عددی (مورفومتری) مطالعه کردند. برطبق این پژوهش ۱۱ طایفه از این خانواده بر اساس ۳۴ صفت از جمله مورفولوژی میوه و ویژگی‌های گرده‌شناسی بررسی شدند. روش PCA نشان داد که صفات ذاتی و مورفولوژیکی مثل شکل و رنگ میوه، تزئینات سطح میوه و همچنین صفات گرده‌ای مثل کلاس دانه گرده، سایز و تزئینات سطحی باعث جداسازی تاکسون‌ها از یکدیگر شد (Osman et al., 2011). تجربه جهانی در کشت سیب‌زمینی ترشی نشان داده است که این گیاه در مناطقی با آب و هوای معتدل بهترین عملکرد را دارد (Krivoshapkin, 2020., Safarmadi, 2020) لذا شمال ایران می تواند اقلیم مناسبی برای رشد و تکثیر آن باشد. در خاک‌های مختلف به استثنای خاک‌های اسیدی، شور و غرقاب عملکرد خوبی دارد. حتی در خاک‌های فقیر از نظر مواد مغذی نیز رشد می‌کند. این گیاه دارای سرعت تولید مثل بالا و مقاومت خوبی در برابر سرما و خشکی است و یخبندان‌های بهاری و سرمای پاییزی را به راحتی تحمل می‌کند (Krivoshapkin, 2020). بنابراین، انتخاب یک واریته مناسب هم برای شرایط خاک و هم برای شرایط آب و هوایی حیاتی است، در غیر این صورت، واریته‌ای که با محیط‌های محلی سازگار نباشد، منجر به تولید با کیفیت پایین و بهره‌وری پایین گیاه می‌شود (Krivoshapkin, 2020., Zhao et al., 2020)، زیرا موقعیت جغرافیایی منطقه برای کشت این گیاه برای اطمینان از حداکثر عملکرد بسیار مهم است (Viriyasuthee, 2019., Simakin, 2020). آخرین و امیدوارکننده‌ترین کاربرد گیاه به‌عنوان منبع سوخت زیستی، علوفه و به عنوان یک جایگزین قند برای کسانی است که از دیابت وابسته به انسولین رنج می‌برند، لذا گیاه سیب‌زمینی ترشی یک محصول منحصربه‌فرد است، یعنی تمام اندام‌های آن از غده-

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

های بزرگ، ساقه، برگ، گل، و ریشه می‌تواند به‌طور کامل مورد استفاده قرار گیرد Ruban, 2019., Berzhanova, (2019). ازآنجاکه مطالعه مورفومتری روی جمعیت‌های *H. tuberosus* برای اولین‌بار صورت پذیرفت و با توجه به اینکه گونه دیگری از *Helianthus* در ایران به ثبت نرسیده است، این مطالعه می‌تواند مبنایی برای سایر مطالعات مورفومتری و ریخت‌شناسی روی این گیاه باشد و ابهامات بیشتری را از جمعیت‌های آن در سطح کشور برطرف سازد و بهترین جمعیت از نظر ترکیبات دارویی و مواد موثر را مشخص نماید تا بتواند از این طریق نقش به‌سزایی در حفظ و گسترش پوشش گیاهی زیستگاه های کشور ایفا کند.

منابع

مظفریان، و.، قهرمانی نژاد، ف.، نریمیسا، س.، جعفری، ع.، کاظم پور اصالو، ش.، لطفی، ا.، اسدی، م. ۱۳۹۷. فلور ایران، موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، ۱۰۲۶ ص.

میلانی، ا.، پورآذرنگ، ه.، وطن خواه، ش.، وکیلیان، ح. ۱۳۸۹. بهینه سازی استخراج اینولین از غده سیب زمینی ترشی به کمک روش سطح پاسخ (RSM).، نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۸۳-۱۷۶: (۶).

Ahmad, K. Z., Sheidai, M., Attar, F. 2011. Morphometry and palynological study of the genus Cousinia sect. Cousinia (Asteraceae) in Iran.

Akkol, E. K., Göger, F., Koşar, M., Başer, K. H. C. 2008. Phenolic composition and biological activities of Salvia halophila and Salvia virgata from Turkey. Food Chemistry, 108(3), 942-949.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24(1): 1-15.

Atal, C. K., & Kapur, B. M. 1982. Cultivation and utilization of aromatic plants.

Ainsworth, E.A., Gillespie, K.M., 2007. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. Nat. Protoc. 2, 875–877

Bailey, L. H. 1929-30. The Standard Encyclopaedia of Horticulture edn. 1963 Vol. III (P-Z). The MacMillan Co., N. York.

Basu, S., Zandi, P., Cetzal-Ix, W., Sengupta, R. 2014. Asteraceae: The sunflower family.

Berzhanova, M. I. 2019. Cultivation of Jerusalem artichoke in the Atyrau region. *Relev. Sci. Res. Curr. World*, *2*, 116-121.

Bhargava, V. V., Saluja, A. K., Dholwani, K. K. 2013. Detection of heavy metal contents and proximate analysis of roots of Anogeissus latifolia. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *1*(6), 61-65.

Chae, S. W., Lee, S. H., Kang, S. S., Lee, H. J. 2002. Flavone glucosides from the leaves of *Helianthus tuberosus*. *Natural Product Sciences*, *8*(4), 141-143.

Chekroun MB, Amzile J, Mokhtari A, El HNE, Prevost J , Fontanillas R. 1996. Comparison of fructose production by 37 cultivars of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). New Zeal. J Crop Hort., 24(1): 115-120.

Chen, F., Long, X., Liu, Z., Shao, H., Liu, L. 2014. Analysis of phenolic acids of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) responding to salt-stress by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *The Scientific World Journal*, *2014*.Cieslik E 1998 Mineral content of Jerusalem artichoke new tubers. Zesk. Nauk. AR Krak., 342(10): 23-30.

da Fonseca Contado, E. W. N., de Rezende Queiroz, E., Rocha, D. A., Fraguas, R. M., Simao, A. A., Botelho, L. N. S., Adneia, D.F.A de Abreu, M. A. B. C. M. P. 2015. Extraction, quantification and degree of polymerization of yacon (Smallanthus sonchifolia) fructans. African Journal of Biotechnology, 14, (21),1789-1783.

Deshmukh, S. A. 2011. Morphometrics of the genus Cassia L. from Kolhapur district. *The Bioscan*, *6*(3), 459-462.

Emerenciano, V. D. P., Militão, J. S. L. T., Campos, C. C., Romoff, P., Kaplan, M. A. C., Zambon, M., Brant, A. J. 2001. Flavonoids as chemotaxonomic markers for Asteraceae. *Biochemical systematics and ecology*, *29*(9), 947-957.

Eruygur, N., Koçyiğit, U. M., Taslimi, P., Ataş, M. E. H. M. E. T., Tekin, M., Gülçin, İ. 2019. Screening the in vitro antioxidant, antimicrobial, anticholinesterase, antidiabetic activities of endemic Achillea cucullata (Asteraceae) ethanol extract. *South African journal of botany*, *120*, 141-145.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

plant for Yakutia. Acad. *Bull. Yakut State Agric. Acad*, *9*, 29-36.Legendre, P., & Legendre, L. 1998. 1998. Numerical ecology. Second English edition. Elsevier, Amsterdam.

Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148: 350-382.

Lincoln, D.E., Murray, M.J. Lawrence, B.M. 1986. Chemical composition and genetic basis for the isopinocamphon chemotype of Mentha citrate hybrids. Phytochemistry. 25(8):1857.

Liu, K., Altaf-Ul-Amin, M., Abdullah, A. A., Morita, A. H., Shiraishi, M., & Kanaya, S. 2015, August. A novel plant classification method based on similarities in chemical structures of metabolite contents obtained from the KNApSAcK database. In *II International Symposium on Pyrethrum 1169* (pp. 139-150).

Majewski, M., Lis, B., Ju´skiewicz, J., Ognik, K., Borkowska-Sztacha´ nska, M., Jedrejek, D., Stochmal, A., Olas, B. Phenolic Fractions from Dandelion Leaves and Petals as Modulators of the Antioxidant Status and Lipid Profile in an In Vivo Study. Antioxidants 2020, 9, 131.

Manokhina, A. A., Dorokhov, A. S., Kobozeva, T. P., Fomina, T. N., Starovoitova, O. A. 2022. Varietal characteristics of jerusalem artichoke as a high nutritional value crop for herbivorous animal husbandry. *Applied Sciences*, *12*(9), 4507.Masukasu, H., Karin, O. and Kyoto, H. 2003. Enhancement of anthocyanin biosynthesis by sugar in radish (Raphanus sativus) hypocotyls. Plant Science. 164(2): 259-265.

Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., Van Beek, T. A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food chemistry, 85(2), 231-237.

Mulumba, J. W., & Kakudidi, E. 2010. Numerical taxonomic study of Acacia senegal (Fabaceae) in the cattle corridor of Uganda. *South African Journal of Botany*, *76*(2), 272-278.

Najafian, S., Moradi, M. 2017. Polyphenolic compounds (HPLC analysis) and Antioxidant Activity of Stevia Rebaudiana (Asteraceae) by FRAP and DPPH Assay in

Flora of North america, Vol. 21 Page 147, 159, 160, 161, 162.

Funk VA, Bayer RJ, Keeley S, Chan R, Watson L, Gemeinholzer B, Schilling E, Panrelo JL, Baldwin BG, Garcia-Jacas N, et al. 2005. Everywhere but Antarctica: using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. In Biol Skr Edited by Friis I, Balslev H. 55:343-373.

Heywood, V., Casas, A., Ford-Lloyd, B., Kell, S., & Maxted, N. 2007. Conservation and sustainable use of crop wild relatives. *Agriculture, ecosystems & environment*, *121*(3), 245-255.

JERMYN, M.A. A new method for the determination of ketoheoses in presence of aldohexoses. Nature, v.177, p.38-39, 1956.

Johansson, E., Prade, T., Angelidaki, I., Svensson, S. E., Newson, W. R., Gunnarsson, I. B., Persson Hovmalm, H. 2015. Economically viable components from Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) in a biorefinery concept. *International journal of molecular sciences*, *16*(4), 8997-9016.

Jones. B.S. and Luchsinger. A.E. 1986. Plant Systematics. McGraw-Hill, Inc., USA.

Kang, K. B., Ernst, M., van der Hooft, J. J., da Silva, R. R., Park, J., Medema, M. H., ... & Dorrestein, P. C. 2019. Comprehensive mass spectrometry-guided phenotyping of plant specialized metabolites reveals metabolic diversity in the cosmopolitan plant family Rhamnaceae. *The Plant Journal*, *98*(6), 1134-1144.

Kaszás, L., Alshaal, T., El-Ramady, H., Kovács, Z., Koroknai, J., Elhawat, N., Domokos-Szabolcsy, É. 2020. Identification of bioactive phytochemicals in leaf protein concentrate of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.). *Plants*, *9*(7), 889.

Kaszás, L., Kovács, Z., Nagy, É., Elhawat, N., Abdalla, N., & Domokos-Szabolcsy, É. 2018. Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) as a potential chlorophyll source for humans and animals nutrition. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, *2*(2018), 1-9.

Koundinya, A. V. V., Asha Devi, R. K., Kumar, P. P., Pandit, M. K. 2019. A review on underexploited nutrient rich perennial vegetables.

Krivoshapkin, K. K. 2020. Jerusalem artichoke—A promising forage and food

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

Tajikistan. *Proc. Orenbg. State Agric. Univ*, *4*, 82-85.

Sarangowa, O., Kanazawa, T., Nishizawa, M., Myoda, T., Bai, C., & Yamagishi, T. 2014. Flavonol glycosides in the petal of Rosa species as chemotaxonomic markers. *Phytochemistry*, *107*, 61-68.

Showkat, M. M., Falck-Ytter, A. B., Strætkvern, K. O. 2019. Phenolic acids in Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.): Plant organ dependent antioxidant activity and optimized extraction from leaves. *Molecules*, *24*(18), 3296.

Simakin, A.V., Ivanyuk, V.V., Gudkov, S.V., Dorokhov, A.S. Photoconversion fluoropolymer films for the cultivation of agriculturalplants under conditions of insufficient insolation. Appl. Sci. 2020, 10, 8025. [CrossRef]

Slimestad, R., Seljaasen, R., Meijer, K., Skar, S.L., 2010. Norwegian-grown Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): morphology and content of sugars and fructo-oligosaccharides in stems and tubers. J. Sci. Food Agric. 90,956–964.

Stauffer, M. D., Chubey, B. B., Dorrell, D. G. 1975. Jerusalem artichoke--formulating the potential of a new crop. Canada agriculture.

Starovoytov, V., Starovoytova, O., Aldoshin, N., Manohina, A. 2017. Jerusalem artichoke as a means of fields conservation. *Acta technologica agriculturae*, *20*(1), 7-10.

Sneath, P.H.A. Sokal, R.R. 1973. Numerical Taxonomy, Freeman and Company, San Francisco, USA,573 pp.

Temkov, M., Petkova, N., Denev, P., Krastanov, A. 2015. Characterization of inulin from *Helianthus tuberosus* L. obtained by different extraction methods–Comparative study.

Viriyasuthee, W., Jogloy, S., Saksirirat, W., Saepaisan, S., Gleason, M. L., Chen, R. S. 2019. Biological control of Alternaria leaf spot caused by Alternaria spp. in Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) under two fertilization regimes. *Plants*, *8*(11), 463.

Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole.extra vacuole distribution of neutral sugars free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiol. 64(1): 88-93.

Wein, K. 1963. Die Einführungsgeschichte von Helianthus tuberosus L. *Die Kulturpflanze*, *11*, 41-91.Yuan, X., Gao, M., Xiao, H., Tan, C., Du, Y. 2012. Free radical greenhouse and free space condition. International Journal of Farming and Allied Sciences, 3, 49-55.

Nikolić, M., Stevović, S. 2015. Family Asteraceae as a sustainable planning tool in phytoremediation and its relevance in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, *14*(4), 782-789.

Oleszek, M., Kowalska, I., Oleszek, W. 2019. Phytochemicals in bioenergy crops. *Phytochemistry Reviews*, *18*, 893-927.

Olmstead, R. G., Bohs, L., Migid, H. A., Santiago-Valentin, E., Garcia, V. F., & Collier, S. M. 2008. A molecular phylogeny of the Solanaceae. *Taxon*, *57*(4), 1159-1181.

Osman, A. K. 2011. Numerical taxonomic study of some tribes of Compositae (Subfamily Asteroideae) From Egypt. Pak J Bot, 43(1), 171-180.

Osman, A., Zaki, M., Hamed, S., Hussein, N. 2011. Numerical taxonomic study of some Tribes of Gramineae from Egypt. *American Journal of Plant Sciences*, 2(01), 1.

Pan, L., Sinden, M. R., Kennedy, A. H., Chai, H., Watson, L. E., Graham, T. L., Kinghorn, A. D. 2009. Bioactive constituents of Helianthus tuberosus (Jerusalem artichoke). *Phytochemistry Letters*, *2*(1), 15-18.

Rahman, S. A., Rahman, M. F., & Sunderland, T. 2012. Causes and consequences of shifting cultivation and its alternative in the hill tracts of eastern Bangladesh. *Agroforestry Systems*, *84*, 141-155.

Rasool, R., Ganai, B. A., Akbar, S., Kamili, A. N., & Masood, A. 2010. Phytochemical screening of Prunella vulgaris L.-an important medicinal plant of Kashmir. *Pak. J. Pharm. Sci*, *23*(4), 399-402.

Ruban, G. A. 2019. Jerusalem artichoke as perennial crop in the North (Komi Republic). *Bull. Bot. Gard. Saratov State Univ*, *4*, 212-224.

Saengkanuk, A., Nuchadomrong, S., Jogloy, S., Patanothai, A., Srijaranai, S. 2011. A simplified spectrophotometric method for the determination of inulin in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. European Food Research and Technology, 233(4), 609-616.

Safarmadi, M. 2020. Productive potential of Jerusalem artichoke (Heliautus tuberosus L.)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

Zhao, M., Zhong, Q., Tian, M., Han, R., Ren, Y. 2020. Comparative transcriptome analysis reveals differentially expressed genes associated with the development of Jerusalem artichoke tuber (Helianthus tuberosus L.). *Industrial crops and products*, *151*, 112455.

Zorić, M., Terzić, S., Sikora, V., Brdar-Jokanović, M., Vassilev, D. 2017. Effect of environmental variables on performance of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) cultivars in a long-term trial: A statistical approach. *Euphytica, 213*, 1-14.

scavenging activities and bioactive substances of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) leaves. *Food Chemistry*, *133*(1), 10-14.

Wink, M. 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. Phytochemistry, 64(1), 3-19

Zelenkov, V. N. 2017. Topinambur (Helianthus tuberosus L.). Report 1. Biological aspects of plant development in nature and in Russia (literature review). Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences, 2, 71-78.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

Biosystematics Study on *Helianthus tuberosus* L. Populations in North of Iran

Nastran Ala[1], Arman Mahmoudi Otaghvari [*2], Ehsan Nazifi[3], Piroz Azizi[4]

[1]Graduate Student in Plant Systematics and Ecology, Department of Botany, University of Mazandaran, Babolsar
[2]Associate Prof, Department of Botany, University of Mazandaran, Babolsar
[3]Assistant Prof, Department of Botany, University of Mazandaran, Babolsar
[4]Prof, Department of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht

Received: 2023/04/18; Accepted: 2023/12/25

Abstract

Jerusalem artichoke with the scientific name *Helianthus tuberosus* has been imported to Iran for half a century and grows natively. Its populations were collected from Guilan, Mazandaran and Golestan provinces for numerical taxonomy and chemotaxonomy. To study numerical taxonomy, vegetative and reproductive organs were studied and 62 quantitative and qualitative traits were measured. In order to group the populations, the cluster analysis method was used. In the chemotaxonomy study, secondary metabolites were measured. The data were analyzed using statistical analysis and Duncan's test, and the difference between the populations was investigate. Clustering analysis of quantitative and qualitative traits showed significant difference between the studied traits. In the morphometric study, the first principal component with 24.7% of the total variance had the largest amount of variance, and traits such as stem diameter, leaf length and width, and sepals played the most important role in separating the populations. In the chemotaxonomy study, the first main component with 40.97% included traits such as fructose, inulin, and phenolic compounds, which were the most effective traits in separating populations. The resulting dendrogram distinguished the populations well, and the populations of each province were placed in branches close to each other, which indicates the percentage of similarity in the investigated traits. Since this plant is a unique product to meet human industrial and medicinal needs, determining the best population for its cultivation and propagation can be effective.

Keywords: *Helianthus tuberosus*, Morphometry, Phytochemistry, Secondary metabolite, Spectrophotometry

*Corresponding author: Botany1347@gmail.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]