مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJMAPR.2021.355631.3046
جلد ۳۷، شماره ۶، صفحه ۱۰۵۳-۱۰۳۹ (۱۴۰۰) | شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350905.1400.37.6.11.2

بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکردی و فیتوشیمیایی *Solidago virgaurea* L.

سپیده پارسافر[۱]، قاسم اقلیما[۲]، محمدحسین میرجلیلی[۳]، صمد نژاد ابراهیمی[۴] و جواد هادیان[۵*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- دانش‌آموخته دکترای فیزیولوژی و اصلاح گیاهان دارویی، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳- دانشیار، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴- دانشیار، گروه فیتوشیمی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۵*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
پست الکترونیک: javadhadain@gmail.com

تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۰ | تاریخ اصلاح نهایی: آذر ۱۴۰۰ | تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۰

چکیده

ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکردی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی علف طلایی (*Solidago virgaurea* L.) در دو رویشگاه پل‌سفید و سنگده استان مازنداران در مرحله گلدهی کامل در سال ۱۳۹۸ بررسی شدند. صفات ارتفاع بوته، قطر بوته، طول گل‌آذین، تعداد ساقه، طول و عرض برگ، طول و عرض گلچه شعاعی، طول گلچه لوله‌ای، قطر گل، قطر نهنج، قطر ساقه، وزن تر و خشک بوته، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ+گل، محتوای فنل کل (به روش فولین سیوکالتو)، فلاونوئید کل (به روش آلومینیوم کلراید) و مقدار لئوکارپوزاید (آنالیز کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا) اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان صفات طول گل‌آذین (۴۰ سانتی‌متر)، قطر گل (۲۱/۱ میلی‌متر)، وزن خشک بوته (۹/۴۴ گرم در بوته)، وزن خشک گل (۶/۰۶ گرم در بوته)، وزن خشک برگ+گل (۷/۲۲ گرم در بوته) و وزن خشک ساقه (۲/۲۲ گرم در بوته) در جمعیت "پل‌سفید" بدست آمد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت وزن خشک بوته با صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه، قطر ساقه، قطر گل، وزن تر بوته، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ+گل و فلاونوئید کل مشاهده شد. محتوای فنل کل (۲۶/۹۵ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک)، فلانوئید کل (۸/۸۲ میلی‌گرم روتین بر گرم وزن خشک) و لئوکارپوزاید (۲/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در جمعیت "سنگده" بیشتر از جمعیت "پل‌سفید" بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: *Solidago virgaurea* L.، عوامل محیطی، صفات مورفولوژیکی و عملکردی، لئوکارپوزاید.

مقدمه

علف‌طلایی (*Solidago virgaurea* L.) گیاهی چندساله ریزوم‌دار به ارتفاع ۱۰۰- ۲۵ سانتی‌متر متعلق به خانواده کاسنی (Asteraceae)، ازجمله گیاهان با ارزش دارویی است. پراکندگی جهانی این گیاه در سراسر اروپا، نواحی معتدل آسیا و شمال‌غرب آفریقا بوده و در ایران نیز دامنه

انتشار محدود در نواحی جنگلی و باز مرتعی استان‌های گلستان، مازندران و گیلان دارد (Mozaffarian, 2012). داروهای گیاهی حاوی علف‌طلایی اروپایی طی قرن‌ها برای درمان بیماری‌های دستگاه ادراری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این داروها دارای اثرهای ضد التهاب، ضد میکروبی، مدر، ضد اسپاسم و مسکن هستند و برای درمان التهاب، عفونت، پیشگیری از تشکیل سنگ کلیه و کمک به دفع سنگ‌های ادراری به‌صورت ایمن و بی‌خطر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اثرهای فارماکولوژیک این گیاه عمدتاً به دلیل وجود ترکیب‌های شیمیایی ساپونین‌ها، فنولیک اسیدها، فلاونوئیدها و به‌ویژه لئوکارپوزاید هستند (Yaneva *et al*., 2020).

البته تاکنون مطالعات برای تنوع صفات مورفولوژیک و عملکردی در مناطق مختلف، ارزیابی جمعیت های موجود و نگهداری ذخایر ژنتیکی این گیاه در ایران انجام نشده است. وارد کردن گیاهان دارویی از رویشگاه های طبیعی آنها به نظام کشاورزی فرایندی طولانی است، به‌طوری که حدود ۵ تا ۱۰ سال زمان برای حل مشکلات کشت و اهلی کردن یک گیاه دارویی وحشی مورد نیاز می‌باشد. فرایند وارد کردن گیاه به شرایط کشت کنترل شده، مستلزم بررسی‌های دقیق اکوفیزیولوژی، ژنتیک، جنبه های شیمیایی و همچنین قابلیت تولید جمعیت گیاهی منتخب است. یافتن خصوصیات فیتوشیمیایی گونه‌های دارویی و آگاهی از تنوع مورفولوژیکی و ژنتیکی، موجب افزایش سرعت انتخاب و کارآیی آن خواهد شد (Eghlima *et al*., 2019). روش‌های متفاوتی برای بررسی تنوع بین جمعیت های مختلف گیاهی وجود دارد که بررسی تنوع مورفولوژیک یکی از معمول‌ترین و ارزان‌ترین روش‌ها می‌باشد که نه تنها در مدیریت ژرم پلاسم های گیاهی مفید می باشد، بلکه برای اصلاح گیاهان ایده خوبی به محققان ارائه می دهد. از نشانگرهای مورفولوژیکی به تنهایی و یا همراه با سایر نشانگرها در ارزیابی بررسی تنوع بسیاری از گونه‌های دارویی استفاده شده است (Eghlima *et al*., 2018). عوامل اقلیمی و جغرافیایی بر تولید مواد مؤثره و خصوصیات مورفولوژیکی گیاهان دارویی مؤثر است. اگرچه متابولیت های ثانویه با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می شوند، اما میزان آنها به مقدار چشمگیری تحت تأثیر عوامل محیطی مانند دما، نور و ارتفاع از سطح دریا قرار می گیرد. عوامل محیطی بر محتوای کلی مواد مؤثره، عناصر تشکیل‌دهنده آن، مقدار تولید وزن خشک و مورفولوژی گیاه تأثیر می‌گذارد (Cseke *et al*., 2006). مطالعات زیادی در ارتباط با تأثیر شرایط رویشگاه بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکردی و فیتوشیمیایی گیاهان دارویی نیز انجام شده که نتایج اغلب این مطالعات بیانگر تأثیر مهم شرایط رویشگاه بر ویژگی‌های رشدی و کمّیت و کیفیت ماده موثره گیاهان مورد مطالعه می‌باشد (Nabavi *et al*., 2016؛ Arianfar *et al*., 2018؛ Novakovic *et al*., 2019؛ Armand & Jahantab, 2019؛ Motamedi *et al*., 2019). در گونه‌های دارویی کاسنی، گلپر، مرزه و کنگر مشاهده شد که میان مقدار مواد مؤثره فنلی و فلاونوئیدی با افزایش ارتفاع یک ارتباط مستقیم وجود دارد (Mazandarani *et al*., 2011؛ Zarghami Moghaddam *et al*., 2012). در شرایط اقلیمی و اکولوژی متفاوت جمعیت های وحشی یک گونه از نظر مورفولوژی، تیپ رشد و ترکیب شیمیایی ناهمگن هستند. بر همین اساس این مطالعه برای شناسایی برخی جمعیت‌های خودرو علف‌طلایی در ایران، تعیین نیازهای اکولوژیکی، ارزیابی تأثیر اقلیم های مختلف بر صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی و انتخاب بهترین جمعیت برای شروع فعالیت‌های اصلاحی، کشت و اهلی سازی و شناسایی جمعیت برتر با صفات زراعی مناسب انجام شد.

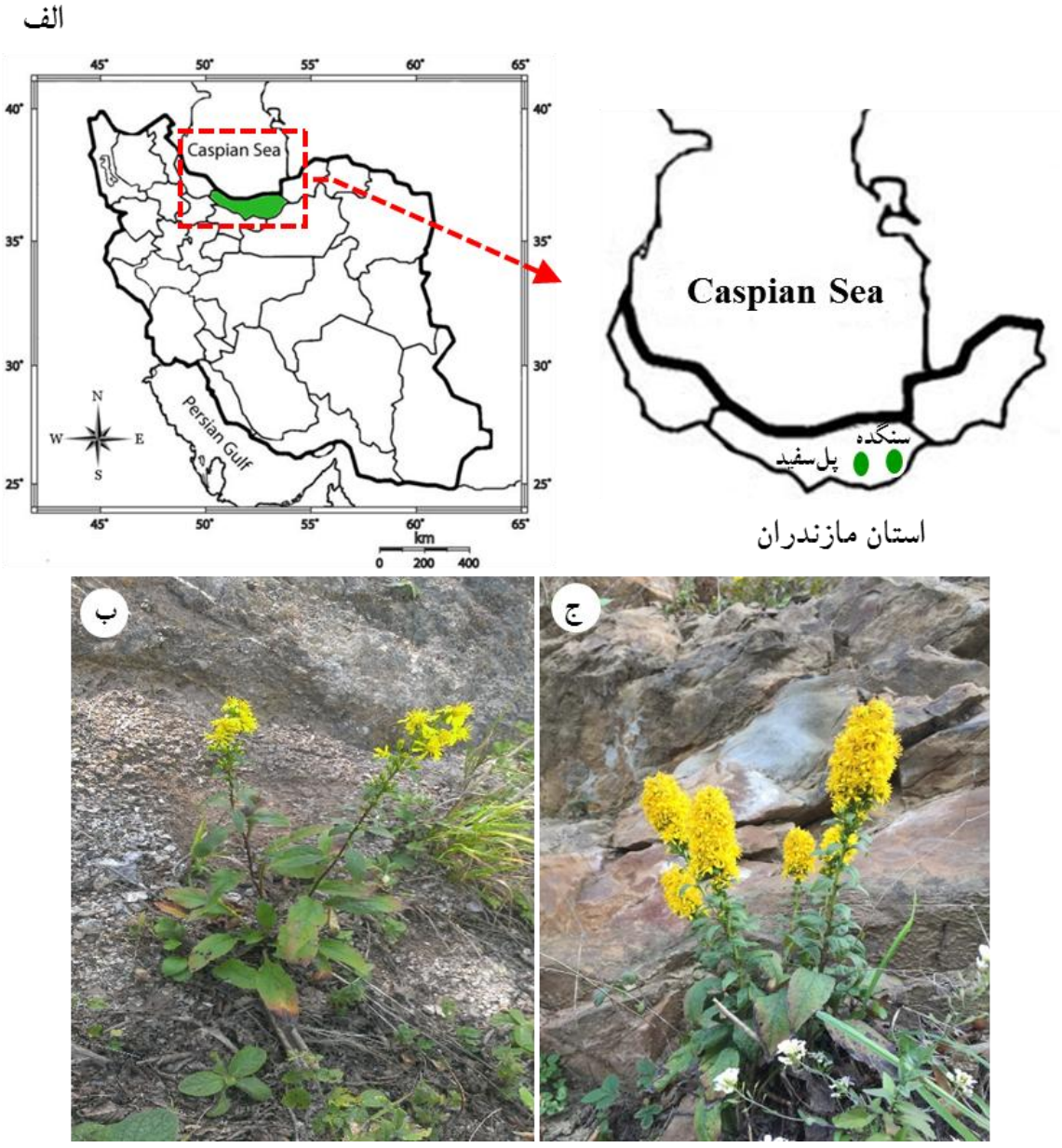
مواد و روش‌ها

مختصات جغرافیایی، آب و هوایی و محل جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی

قبل از شروع آزمایش، نمونه گیاهی علف‌طلایی توسط فلور رنگی ایران (Ghahreman, 1994) مورد

شناسایی قرار گرفت. سپس، اندام‌های هوایی گیاه دارویی علف‌طلایی (*S. virgaurea* L.) که گیاهی چندساله با اندام هوایی یک‌ساله می‌باشد در مرحله گلدهی کامل جمع‌آوری شد (شکل ۱). خصوصیات توپوگرافی شامل طول و عرض جغرافیایی مناطق و ارتفاع از سطح دریا بود که توسط دستگاه GPS اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

خصوصیات ادافیکی شامل نمونه‌برداری خاک از نقاط مختلف (پنج نقطه) هر رویشگاه و مخلوط آنها با هم و ارائه یک نمونه خاک از هر رویشگاه به آزمایشگاه خاک‌شناسی بود. خصوصیات مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل بافت، pH، EC و عناصر غذایی ماکرو شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود (جدول ۳).



شکل ۱- مکان جمع‌آوری گیاه دارویی علف‌طلایی (الف) از رویشگاه‌های سنگده (ب) و پل‌سفید (ج)

با استفاده از روش Bouyoucos Hydrometer (Gee & Bauder, 1979) بافت خاک تعیین شد. میزان pH و EC با استفاده ISTEK) 65 N CPD-multi meter ساخت کشور کره‌جنوبی) اندازه‌گیری شد (Pybus *et al*., 1970). محتوای فسفر و پتاسیم با استفاده از روش Olsen تعیین گردید (Nelson & Sommers, 1982) و از روش Kjehdal برای تعیین مقدار نیتروژن استفاده شد (Bremner & Mulvaney, 1982). مطالعات آب و هوایی شامل تعیین میانگین دمای سالیانه، میانگین حداکثر و حداقل دمای سالیانه و میانگین بارش سالیانه مناطق مورد مطالعه با استفاده از میانگین آمار ۱۰ ساله نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی (ایستگاه هواشناسی پل‌سفید) به مناطق مذکور بود (جدول ۲).

ارزیابی صفات مورفولوژیکی و عملکردی و آماده‌سازی نمونه گیاهی

برای ارزیابی مورفولوژیکی و عملکردی از هر رویشگاه ۱۵ بوته با توزیع مناسب در رویشگاه در مرحله گلدهی کامل گیاه انتخاب شد. از هر رویشگاه یک نمونه هرباریومی در هرباریوم پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی تأیید و ثبت گردید (شماره هرباریومی ۲۴۴۷ و ۲۴۳۲ به‌ترتیب برای پل‌سفید و سنگده). صفات مورفولوژیکی و عملکردی شامل ارتفاع بوته، قطر بوته، ارتفاع گل‌آذین، تعداد ساقه، طول و عرض برگ، طول و عرض گلچه شعاعی، طول گلچه لوله‌ای، قطر گل، قطر نهنج، قطر ساقه، وزن تر و خشک بوته، برگ، گل و ساقه، نسبت وزن تر و خشک گل و برگ به کل بوته بررسی شد. صفات کمّی مربوط به طول و عرض اندام‌ها به کمک خط‌کش و کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. در مورد صفات وزنی از ترازوی نیمه‌حساس با دو رقم اعشار استفاده شد. برای آماده‌سازی نمونه‌های خشک، ابتدا اندام هوایی در شرایط سایه و بعد با کمک آون در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردید. سپس توسط آسیاب پودر و تا زمان استفاده برای ارزیابی صفات فیتوشیمیایی نگهداری شد.

عصاره‌گیری

برای عصاره‌گیری و استخراج ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدی، ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه‌های گیاهی در هر یک از روش‌های خشک کردن پودر شده و استفاده گردید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر متانول به نمونه اضافه شده و به‌مدت ۳۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک (Ultrasonic) مدل الماسونیک–دی ۷۸۲۲۴ سینجن اچ‌تی دبلیو (SingenHtw Elmasonic- D 78224)، ساخت شرکت الما آلمان (Elma Germany) در دمای اتاق قرار گرفت. این مرحله چهار بار تکرار شد تا حداکثر میزان ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدی از ماده گیاهی جدا و در متانول حل شوند. پس از سونیکِیشِن (Sonication)، عصاره متانولی حاصل از چهار مرحله استخراج جمع‌آوری شده و در دستگاه سانتریفوژ یخچال‌دار مدل R۵۷۰۲ ساخت شرکت اپندورف (Eppendorf)، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت. پس از سانتریفوژ محلول بالایی به شیشه‌های تیره مخصوص عصاره منتقل شد و تا زمان آنالیز در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

سنجش محتوای فنل کل

برای سنجش محتوای فنل کل از دستگاه پاورویو اچ تی میکروپلیت اسپکتوفوتومتر (Power Wave HT microplate Spectrophotometer) مدل XS2 ساخت شرکت بیوتک (BioTeks) آمریکا و سیستم پردازش اطلاعات رایانه‌ای با نرم‌افزار جن دیتا آنالایزز (Gene data analysis) مورد استفاده قرار گرفت. محتوای کلی ترکیب‌های فنولی در عصاره گیاه بر اساس واکنشگر Folin Ciocalteus Reagent (FCR) تخمین زده شد. بر این اساس ۲۵ میکرولیتر از نمونه مورد آزمایش با ۱۲۵ میکرولیتر محلول رقیق شده FCR (۱ به ۱۰) مخلوط و به دنبال آن ۱۰۰ میکرولیتر از محلول ۷/۵٪ کربنات سدیم

(Na_2CO_3) به مخلوط اضافه شد. پلیت توسط فویل آلومینیومی پوشانده شد و جذب محلول‌ها پس از دو ساعت در طول موج ۷۶۰ nm توسط دستگاه قرائت‌گر الایزا خوانده شد و میزان ترکیب‌های فنل کل گیاه برابر گالیک اسید در گرم ماده خشک اندازه‌گیری گردید (Kamtekar *et al*., 2014؛ Salehi *et al*., 2013).

سنجش محتوای فلاونوئید کل

در این پژوهش از واکنش‌گر کلرید آلومینیوم ($AlCl_3$) برای سنجش فلاونوئیدها استفاده شد. به همین منظور به ۲۵ میکرولیتر از نمونه مورد آزمایش به‌ترتیب ۱۰۰ میکرولیتر آب‌مقطر و ۷/۵ میکرولیتر از محلول ۵٪ نیتریت سدیم ($NaNO_2$) اضافه شد. بعد از گذشت ۶ دقیقه انکوباسیون، ۷/۵ میکرولیتر آلومینیوم کلرید ۱۰٪ و ۱۰۰ میکرولیتر سدیم هیدروکسید (NaOH) ۴٪ و ۱۰ میکرولیتر آب‌مقطر به هر چاهک اضافه شد. پلیت توسط فویل آلومینیومی پوشانده شد و جذب محلول‌ها پس از ۱۵ دقیقه در طول موج ۵۱۰ nm توسط دستگاه قرائت‌گر الایزا خوانده شد. میزان ترکیب‌های فلاونوئید کل گیاه برابر روتین در گرم ماده خشک اندازه‌گیری شد (Kamtekar *et al*., 2014؛ Salehi *et al*., 2013).

اندازه‌گیری محتوای ترکیب لئوکارپوزاید با کروماتوگرافی مایع با کارکرد عالی (HPLC)

از سیستم HPLC ساخت شرکت Knauer (Germany) مجهز به دو پمپ (مدل Wellchron-K1001) و آشکارساز PDA (مدل K2800) برای جداسازی و اندازه‌گیری استفاده شد. ستون مورد استفاده بدین منظور نیز ساخت شرکت Eurosphr و از نوع RP-C18 با قطر داخلی ۴/۶ میلی‌متر و طول ۲۵۰ میلی‌متر بوده است. از حلال‌های متانول و آب مخصوص HPLC به‌عنوان فاز متحرک استفاده شد. نمونه‌ها در طول موج جذب و نشر ۲۱۶ نانومتر ارزیابی شدند. استاندارد لئوکارپوزاید از شرکت فیتولب آلمان تهیه گردید. برای رسم منحنی استاندارد لئوکارپوزاید غلظت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm تهیه و به دستگاه تزریق شد. از نرم‌افزار شرکت EZchorm که بر روی سیستم عامل ویندوز نصب شده است، برای انتگرال‌گیری و محاسبه سطح زیر منحنی استفاده گردید. مساحت پیک غلظت‌های استاندارد حساب شده و منحنی استاندارد با نرم‌افزار اکسل رسم گردید و بعد رابطه خطی y= bx+a بدست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- اطلاعات منحنی‌های کالیبراسیون استاندارد گالیک اسید، روتین و لئوکارپوزاید

ترکیب	غلظت (ppm)	رابطه	R^2
گالیک اسید	۱۰-۲۰۰	y = ۰/۰۰۷۳ x + ۰/۰۱۸۵	۰/۹۹۷
روتین	۱۰-۲۰۰	y = ۰/۰۰۱۴ x – ۰/۰۰۷۱	۰/۹۹۸
لئوکارپوزاید	۱۰-۲۰۰	y = ۱۰۲۳۲۷ x +۵۴۶۰۱۸	۰/۹۹۸

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون T-Test انجام گردید. نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel ترسیم شد. همبستگی بین صفات به روش پیرسون با استفاده از نرم‌افزار R نسخه 4.0.4 انجام و نقشه حرارتی آن ترسیم گردید.

نتایج

نتایج مطالعات اکولوژی نشان داد که گیاه دارویی

علف‌طلایی در دو رویشگاه مورد مطالعه سنگده و پل‌سفید به‌ترتیب در ارتفاعات ۱۷۳۰ و ۱۳۰۰ متر از سطح دریا دارای میانگین بارندگی سالیانه ۵۵۶ میلی‌متر، حداقل دمای سالانه ۱۰/۴ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای سالانه ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای سالانه ۲۰ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند (جدول ۲). رویشگاه سنگده دارای پوشش جنگلی بوده، در حالی‌که رویشگاه پل‌سفید صخره‌ای و دور از دسترس است. اما با این حال گیاهان رویشگاه پل‌سفید از لگدمال شدن و چرای دام‌ها به دور نبوده و دارای تراکم بوته در واحد سطح کمتر نسبت به رویشگاه سنگده است. مهمترین گیاهان دیده شده در این رویشگاه‌ها عبارتند از: کاکوتی (*Ziziphora clinipodioides*)، نعناع چمنی (*Prunell vulgaris*)، گل‌راعی (*Hypericum perforatum*)، سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbrifolia*)، زرشک (*Berberis vulgare*)، سرخدار (*Taxus baccata*)، تمشک (*Rubus fruticsos*)، نسترن (*rosa canina*)، توت فرنگی وحشی (*Fragaria vesca*)، سیزاب (*Veronica chamaedrys*)، بارهنگ (*Plantago major*)، بومادران (*Achilea millefollium*)، سرخس (*Dryopteris filix-mas*)، فندق (*Corylus avellana*)، گندواش (*Artemissia chamamelifolia*)، زالزالک (*Crataegus melanocarpa*)، مریم‌گلی (*Salvia glutinosa*) و چای کوهی (*Stachys lavandulifolia*). بافت خاک در هر دو منطقه شنی لومی بود. رویشگاه سنگده دارای ۴۸٪ شن، ۶٪ رس و ۴۶٪ سیلت، رویشگاه پل‌سفید دارای ۶۱٪ شن، ۱۴٪ رس و ۲۵٪ سیلت است. هدایت الکتریکی در رویشگاه سنگده و پل‌سفید به‌ترتیب ۲/۵۱ و ۱/۲۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. مقدار پتاسیم در سنگده و پل‌سفید به‌ترتیب ۱۱/۱ و ۱۲/۱ میلی‌گرم بر گیلوگرم و مقدار فسفر به‌ترتیب ۷۲ و ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (جدول ۳). با توجه به جدول ۲ و ۳ این دو رویشگاه از نظر ویژگی‌های خاکی و آب و هوایی شباهت زیادی با هم دارند.

جدول ۲- مختصات جغرافیایی و اطلاعات مربوط به رویشگاه علف‌طلایی

ویژگی	سنگده	پل سفید	واحد
میانگین حداکثر دمای سالیانه	۲۰	۲۰	ºC
میانگین حداقل دمای سالیانه	۱۰/۴	۱۰/۴	ºC
میانگین دمای سالیانه	۱۵/۵	۱۵/۵	ºC
متوسط بارندگی سالانه	۵۵۶/۷	۵۵۶/۷	mm
ارتفاع از سطح دریا	۱۷۳۰	۱۳۰۰	m
طول جغرافیایی	۵۳°۱۷'	۵۳°۰۴'	-
عرض جغرافیایی	۳۶°۰۴'	۳۶°۰۵'	-

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه علف‌طلایی

رویشگاه	بافت خاک	N (%)	P (mg/k)	K (mg/kg)	pH	EC ($ds.m^{-1}$)
سنگده	شنی لومی	۰/۱۱	۱۱/۱	۷۲	۷/۸	۲/۵۱
پل سفید	شنی لومی	۰/۱۱	۱۲/۱	۱۱۰	۷/۸	۱/۲۴

مقایسه میانگین بین صفات جمعیت‌ها و دامنه تغییرات آنها

نتایج مقایسه میانگین مربوط به جمعیت‌های مختلف نشان داد (جدول ۴) که میانگین ارتفاع بوته در جمعیت سنگده و پل‌سفید به‌ترتیب ۴۸/۷۳ و ۲۷/۹۲ سانتی‌متر، میانگین قطر بوته به‌ترتیب ۱۶/۸۶ و ۷/۲۹ سانتی‌متر، میانگین ارتفاع گل‌آذین به‌ترتیب ۱۹/۲۰ و ۱۲/۳۸ سانتی‌متر، میانگین تعداد ساقه به‌ترتیب ۲ و ۳، میانگین طول برگ به‌ترتیب ۹/۳۹ و ۵/۳۴ سانتی‌متر، میانگین عرض برگ به‌ترتیب ۳/۱۹ و ۱/۵۲ سانتی‌متر، میانگین طول گلچه شعاعی به‌ترتیب ۱۰/۵۸ و ۱۰/۶۹ میلی‌متر، میانگین عرض گلچه شعاعی به‌ترتیب ۲/۰۷ و ۲/۰۱ میلی‌متر، میانگین طول گلچه لوله‌ای به‌ترتیب ۱۰/۰۹ و ۹/۶۴ میلی‌متر، میانگین قطر گل به‌ترتیب ۱۳/۹۰ و ۱۳/۹۳ میلی‌متر، میانگین قطر نهنج به‌ترتیب ۲/۶۲ و ۲/۵۶ میلی‌متر و میانگین قطر ساقه به‌ترتیب ۳/۲۳ و ۲/۶۶ میلی‌متر می‌باشد. همچنین میانگین صفات وزنی اندازه‌گیری شده برای جمعیت سنگده و پل‌سفید برای صفت وزن تر بوته به‌ترتیب ۹/۰۶ و ۷/۵۶ گرم، وزن تر برگ به‌ترتیب ۳/۲۸ و ۱/۲۵ گرم، وزن تر گل به‌ترتیب ۳ و ۴/۴۵ گرم، وزن تر ساقه به‌ترتیب ۲/۷۷ و ۱/۸۵ گرم، وزن تر گل و برگ به‌ترتیب ۶/۲۸ و ۵/۷۰ گرم، وزن خشک بوته به‌ترتیب ۲/۷۳ و ۲/۳۸ گرم، وزن خشک برگ به‌ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۴۰ گرم، وزن خشک گل به‌ترتیب ۰/۹۴ و ۱/۳۱ گرم، وزن خشک ساقه به‌ترتیب ۰/۹۴ و ۰/۶۷ گرم، وزن خشک گل و برگ به‌ترتیب ۱/۷۹ و ۱/۷۱ گرم، نسبت وزن تر گل و برگ به بوته به‌ترتیب ۷۰/۵۵٪ و ۷۵/۰۹٪ و نسبت وزن خشک گل و برگ به بوته به‌ترتیب ۶۶/۲۲٪ و ۷۰/۹۰٪ است. حداکثر صفات ارتفاع بوته (۶۷ سانتی‌متر)، قطر بوته (۲۶ سانتی‌متر)، عرض گلچه شعاعی (۲/۷ میلی‌متر)، طول گلچه لوله‌ای (۱۱/۳۴ میلی‌متر)، طول پهنک برگ (۱۲/۷۱ سانتی‌متر)، عرض پهنک برگ (۴/۸۵ سانتی‌متر)، وزن تر برگ (۶/۴۱ گرم) و وزن خشک برگ (۱/۸ گرم) در جمعیت سنگده مشاهده شده است. حداکثر صفات تعداد ساقه (۵)، ارتفاع گل‌آذین (۴۰ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۴/۵۳ میلی‌متر)، قطر گل (۲۱/۱ میلی‌متر)، قطر نهنج (۳/۲۶ میلی‌متر)، طول گلچه شعاعی (۱۱/۷۷ میلی‌متر)، وزن تر بوته (۳۱ گرم)، وزن تر گل (۱۸/۹۷ گرم)، وزن تر گل و برگ (۲۳/۴۲ گرم)، وزن تر ساقه (۷/۵۸ گرم)، وزن خشک بوته (۹/۴۴ گرم)، وزن خشک گل (۶/۰۶ گرم)، وزن خشک گل و برگ (۷/۲۲ گرم) و وزن خشک ساقه (۲/۲۲ گرم) در جمعیت پل‌سفید می‌باشد (جدول ۴). صفاتی که دارای ضریب تغییرات بالایی هستند محدوده وسیع‌تری از کمّیت صفت را دارند که دامنه انتخاب وسیع‌تری برای آن صفت محسوب می‌شود. در این مطالعه می‌توان به صفات مهمی مانند ارتفاع گل‌آذین (C.V=۱۷/۳۷)، طول برگ (C.V=۱۴/۴۰)، قطر گل (C.V=۱۱/۵۷)، وزن تر بوته (C.V=۱۹/۳۳)، وزن تر برگ (C.V=۲۵/۲۵)، وزن تر گل (C.V=۳۴/۵۷)، وزن تر گل و برگ (C.V=۲۲/۳۳)، وزن خشک بوته (C.V=۲۴/۵۲)، وزن خشک برگ (C.V=۱۵/۹۶)، وزن خشک گل (C.V=۳۸/۹۴)، وزن خشک ساقه (C.V=۳۵/۵۱) و وزن خشک گل و برگ (C.V=۲۵/۷۱) اشاره کرد (شکل ۴). در هر صفت، ضریب تغییرات بالاتر نشان‌دهنده دامنه وسیع‌تر آن است، بنابراین امکان گزینش را افزایش می‌دهد.

ضرایب همبستگی صفات

ضرایب همبستگی ساده پیرسون در شکل ۲ آمده است. ارتفاع بوته با ارتفاع گل‌آذین، قطر ساقه، طول برگ، وزن تر بوته، وزن تر برگ، وزن تر گل، وزن تر ساقه، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک گل، وزن خشک ساقه و محتوای فلاونوئید دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱٪ و با صفات قطر گل، قطر نهنج، طول و عرض گلچه شعاعی و طول گلچه لوله‌ای همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱٪ است. طول گل‌آذین با قطر ساقه، وزن تر بوته، وزن تر گل و محتوای لئوکارپوزاید در سطح ۱٪ و با طول برگ، وزن تر ساقه، وزن خشک گل در سطح ۵٪ دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود، ولی با محتوای فنل کل در سطح ۱٪ همبستگی منفی و معنی‌دار داشت.

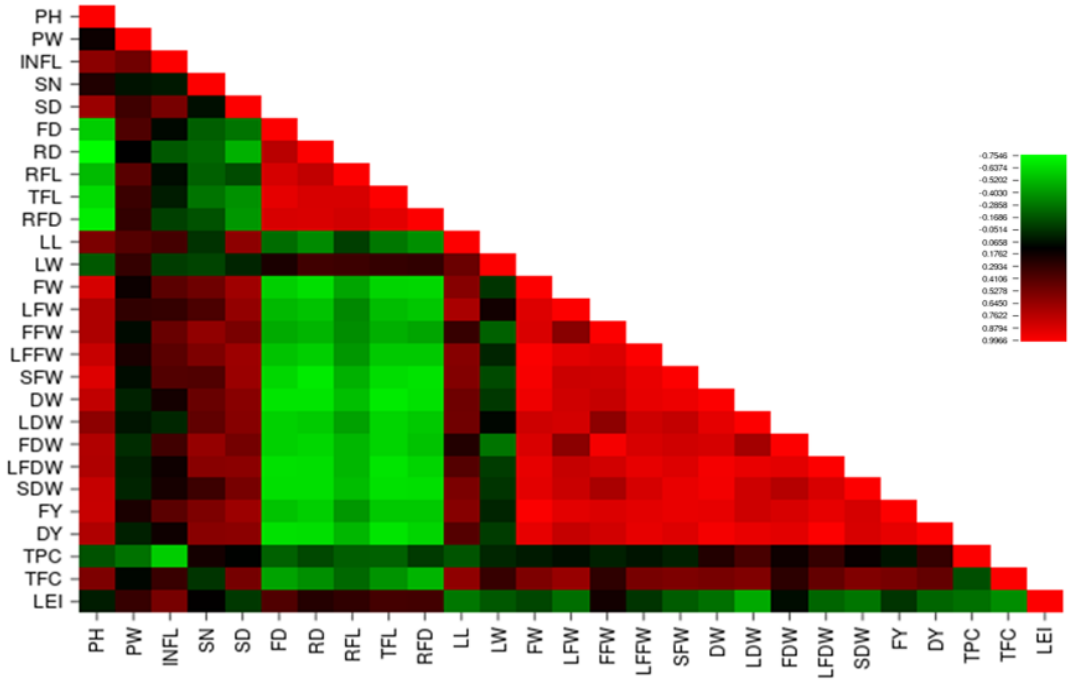
جدول ۴- تنوع و میانگین صفات مورفولوژیکی و تولیدی دو جمعیت سنگده و پل‌سفید علف‌طلایی

صفت	واحد اندازه‌گیری	سنگده			پل‌سفید			ضریب تغییرات (٪)
		حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	
ارتفاع بوته	cm	۳۵	۴۸/۷۳	۶۷	۱۶	۲۷/۹۲	۵۱	۹/۰۸
قطر بوته	cm	۱۰	۱۶/۸۶	۲۶	۳/۶۹	۷/۲۹	۱۱/۱۹	۸/۷۳
ارتفاع گل‌آذین	cm	۱۳	۱۹/۲	۲۹	۴/۷۶	۱۲/۳۸	۴۰	۱۷/۳۷
تعداد ساقه	-	۱	۲	۳	۱	۳	۵	۵/۶۵
طول برگ	cm	۵/۰۳	۹/۳۹	۱۲/۷۱	۲/۸۴	۵/۳۴	۸/۶۲	۱۴/۴۰
عرض برگ	cm	۱/۵۴	۳/۱۹	۴/۸۵	۰/۸۲	۱/۵۲	۳/۲۸	۱۲/۴۶
طول گلچه شعاعی	mm	۸/۷۴	۱۰/۵۸	۱۱/۷۵	۹/۰۹	۱۰/۶۹	۱۱/۷۷	۴/۴۲
عرض گلچه شعاعی	mm	۱/۳۷	۲/۰۷	۲/۷	۱/۳۹	۲/۰۱	۲/۴۵	۴/۲۶
طول گلچه لوله‌ای	mm	۹/۰۱	۱۰/۰۹	۱۱/۳۴	۸/۰۲	۹/۴۶	۱۰/۹۲	۳/۷۷
قطر گل	mm	۱۰/۲۷	۱۳/۹	۱۸/۱۶	۷/۰۴	۱۳/۹۳	۲۱/۱	۱۱/۵۷
قطر نهنج	mm	۲/۰۲	۲/۶۲	۲/۹۲	۲/۰۲	۲/۵۶	۳/۲۶	۵/۸۰
قطر ساقه	mm	۲/۲۴	۳/۲۳	۴/۱۶	۱/۴۶	۲/۶۶	۴/۵۳	۷/۴۸
وزن تر بوته	g	۳/۷۷	۹/۰۶	۱۵/۷۵	۱/۴۵	۷/۵۶	۳۱	۱۹/۳۳

ادامه جدول ۴- ...

صفت	واحد اندازه‌گیری	سنگده			پل‌سفید			ضریب تغییرات (٪)
		حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	
وزن تر برگ در بوته	g	۱/۰۹	۳/۲۸	۶/۴۱	۰/۲۶	۱/۲۵	۴/۴۵	۲۵/۲۵
وزن تر گل در بوته	g	۱/۱۱	۳	۵/۸۶	۰/۶	۴/۴۵	۱۸/۹۷	۳۴/۵۷
وزن تر ساقه در بوته	g	۰/۹۹	۲/۷۷	۵/۱۳	۰/۲۲	۱/۸۵	۷/۵۸	۱۳/۸۹
وزن تر گل و برگ در بوته	g	۲/۷۸	۶/۲۸	۱۰/۸۷	۱/۰۷	۵/۷	۲۳/۴۲	۲۲/۳۳
وزن خشک بوته	g	۱/۱۳	۲/۷۳	۴/۹	۰/۳۶	۲/۳۸	۹/۴۴	۲۴/۵۲
وزن خشک برگ در بوته	g	۰/۱۴	۰/۸۴	۱/۸	۰/۰۵	۰/۴	۱/۱۶	۱۵/۹۶
وزن خشک گل در بوته	g	۰/۳	۰/۹۴	۱/۸۳	۰/۱۲	۱/۳۱	۶/۰۶	۳۸/۹۴
وزن خشک ساقه در بوته	g	۰/۳۳	۰/۹۴	۲	۰/۰۶	۰/۶۷	۲/۲۲	۳۵/۵۱
وزن خشک گل و برگ در بوته	g	۰/۸	۱/۷۹	۳/۴۲	۰/۲۸	۱/۷۱	۷/۲۲	۲۵/۷۱

صفت طول برگ با صفات عرض برگ، وزن تر بوته، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و محتوای فلاونوئید دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱٪ است. صفت وزن خشک بوته با صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه، قطر ساقه، قطر گل، وزن تر بوته، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ و گل و فلاونوئید کل همبستگی مثبت و با صفات قطر نهنج، قطر گل، طول گلچه شعاعی، عرض گلچه شعاعی و طول گلچه لوله‌ای همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱٪ بود.



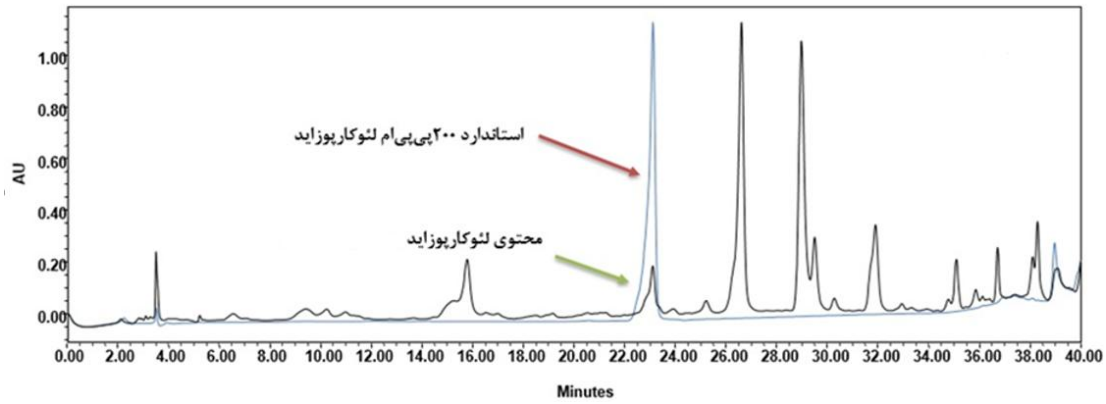
شکل ۲- نقشه حرارتی همبستگی پیرسون برای صفات مورد مطالعه علف‌طلایی

ارتفاع گیاه= PH، قطر بوته= PW، ارتفاع گل‌آذین= INFL، تعداد ساقه= SN، طول برگ= LL، عرض برگ= LW، طول گلچه شعاعی= RFL، عرض گلچه شعاعی= RFD ، طول گلچه لوله‌ای= TFL، قطر گل= FD، قطر نهنج= RD، قطر ساقه= SD، وزن تر بوته= FW، وزن تر برگ= LFW، وزن تر گل= FFW، وزن تر ساقه= SFW، وزن تر گل و برگ= LFFW، وزن خشک بوته= DW، وزن خشک برگ= LDW، وزن خشک گل= FDW، وزن خشک ساقه= SDW، وزن خشک گل و برگ= LFDW، فنل کل= TPC، فلاونوئید کل= TFC، لئوکارپوزاید= LEI

محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و لئوکارپوزاید

مقایسه محتوای فنل، فلاونوئید و لئوکارپوزاید در دو جمعیت سنگده و پل‌سفید در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده، میانگین محتوای فنل کل سنگده و پل‌سفید را به‌ترتیب ۲۶/۹۵ و ۲۴/۸۴ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک و میانگین محتوای فلاونوئید سنگده و پل‌سفید را به‌ترتیب ۸/۸۲ و ۸/۱۱ میلی‌گرم روتین بر گرم وزن خشک نشان داد. میانگین محتوای لئوکارپوزاید در جمعیت سنگده ۲/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و در جمعیت پل‌سفید ۱/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بود. محتوای فنل، فلاونوئید و لئوکارپوزاید در جمعیت سنگده بیشتر از پل‌سفید بود.

شکل ۳- محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و لئوکارپوزاید علف‌طلایی در دو رویشگاه سنگده و پل‌سفید



شکل ۴- کروماتوگرام HPLC-UV مربوط به عصاره جمعیت‌های بومی گیاه علف‌طلایی در طول موج ۲۱۶nm

بحث

برای پیشبرد برنامه اصلاحی، آگاهی از میزان تنوع در بین جمعیت‌ها اهمیت بسیاری دارد. در این پژوهش، صفات مورفولوژیکی، عملکردی و فیتوشیمیایی دو جمعیت علف‌طلایی بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان داد جمعیت‌های علف‌طلایی جمع‌آوری شده از نظر صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی، تنوع ژنتیکی چشمگیری دارند. براساس مقادیر آمارهای توصیفی صفات مطالعه شده، مقادیر حداقل و حداکثر صفات بررسی شده متنوع بود، همچنین بیشترین دامنه تغییرات مربوط به صفت‌های ارتفاع گل‌آذین، طول برگ، قطر گل، وزن تر و خشک بوته، وزن تر و خشک برگ و وزن تر و خشک برگ و گل بود. در این پژوهش مشخص شد که بین دو جمعیت مورد بررسی، جمعیت پل‌سفید از نظر صفات عملکردی و جمعیت سنگده از نظر صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی دارای بیشترین خصوصیات مطلوب اصلاحی می‌باشد. گزارش‌های زیادی مبنی بر بررسی تنوع مورفولوژی و فیتوشیمیایی در گیاهان دارویی وجود دارد (Tkachev *et al*., 2006؛ Hadian *et al*., 2011؛ Nürk & Crockett, 2011؛ Hadian *et al*., 2014؛ Noormand Moaied *et al*., 2018؛ Cabrera-Toledo *et al*., 2020؛ Figueredo-Urbina *et al*., 2021).

برای بررسی روابط جمعیت‌های مختلف می‌توان از

فاکتورهای مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی استفاده کرد. صفات مورفولوژیکی متأثر از شرایط اقلیمی و ژنتیک هستند، در برخی موارد وجود همبستگی بین صفات مورفولوژیکی و صفات فیتوشیمیایی می‌تواند به اصلاح‌کنندگان در برنامه‌های اصلاحی کمک زیادی بکند (Salamati & Zeinali, 2011). طول برگ با بیشتر صفات مورفولوژیکی و عملکردی همبستگی بالایی نشان داد. با توجه به اینکه برگ اندام اصلی برای انجام فتوسنتز و تولید مواد کربوهیدراتی لازم برای رشد و نمو گیاه است، بنابراین سطح برگ بیشتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و تولید متابولیت‌های اولیه لازم برای رشد رویشی و زایشی خواهد شد. براساس نتایج در نظر گرفتن طول و عرض برگ بالاتر و تعداد برگ بیشتر و داشتن سطح برگ بالاتر به‌دلیل افزایش میزان فتوسنتز، قطر بیشتر ساقه، تعداد بالاتر انشعاب از ساقه و عملکرد جمعیت‌های انتخابی منجر به دسترسی به گیاهانی می‌شود که سطح فتوسنتزکننده بیشتر و در نتیجه افزایش تولید متابولیت‌های اولیه را در گیاهان برتر فراهم می‌کند و متابولیت‌های اولیه، زمینه تولید متابولیت‌های ثانویه را فراهم می‌سازد و سبب بهبود عملکرد می‌شود (Yavari *et al*., 2017). صفت وزن خشک بوته با صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه، قطر ساقه، قطر گل، وزن تر بوته، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ و گل همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. از آنجایی‌که عملکرد نهایی هر گیاه به لحاظ تولید متابولیت‌های مورد نظر، از عملکرد اندام دارویی گیاه بدست می‌آید، بنابراین هر عاملی که سبب افزایش عملکرد بیشتر در این گیاه شود می‌تواند عامل مؤثر در جهت تولید هرچه بیشتر متابولیت‌ها باشد. پس صفاتی که در افزایش میزان اندام دارویی گیاه تأثیرگذار باشد، می‌تواند مورد توجه اصلاحگر قرار بگیرد (Eghlima *et al*., 2019).

عوامل محیطی سبب تغییراتی در کمّیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی و رشد آنها می‌گردند. محصول یک گیاه دارویی از نظر اقتصادی وقتی مقرون به صرفه می‌باشد که مقدار متابولیت‌های اولیه و ثانویه آن به حد مطلوب رسیده باشد که با عوامل محیطی و انتخاب ارقام گیاهی مناسب می‌توان به حداکثر مقدار محصول دست یافت. هر یک از عوامل ذکرشده می‌توانند تأثیر عمده‌ای در افزایش یا کاهش کمّیت و کیفیت عملکرد گیاه داشته باشند (Eghlima *et al*., 2021). از دلایل مهم تنوع فیتوشیمیایی هر گیاه دارویی می‌توان به تنوع آب و هوایی و اقلیمی کشور در مناطق مختلف با میزان رطوبت، دما، نور و ارتفاع متفاوت اشاره کرد که ایران کشور با وسعت پهناور خود بسیاری از اقلیم‌های موجود در جهان را در خود جای داده و باعث شده که جمعیت‌های مختلف تنوع چشمگیری در مناطق مختلف نشان دهند، زیرا اگرچه متابولیت‌های ثانویه گیاهان با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما سنتز آنها به‌طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به‌طوری که عوامل محیطی علاوه بر تأثیر بر رشد گیاهان دارویی، سبب ایجاد تغییر در مقدار و کیفیت مواد مؤثره آنها می‌گردد (Karampor *et al*., 2015).

ارزیابی تأثیر عوامل محیطی و شناسایی رویشگاه‌های مختلف بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد کمّی و کیفی مواد مؤثره گیاهان دارویی، کمک شایانی برای اهلی‌سازی و حفاظت از تنوع ژنتیکی این گیاهان به حساب می‌آید (Yavari *et al*., 2010). نتایج این آزمایش نشان داد که ویژگی‌های رشدی و عملکردی مطلوب در جمعیت پل‌سفید و محتوای فنل، فلاونوئید کل و لئوکارپوزاید بالاتر در جمعیت سنگده وجود داشت که دلیل آن را می‌توان ارتفاع بالای رویشگاه سنگده از سطح دریا نسبت به پل‌سفید دانست. به‌طور کلی محتوای ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدی دارای تنوع وسیعی بین جمعیت‌ها بود. عوامل متعددی می‌تواند بر میزان ترکیب‌های فنلی تأثیرگذار باشد که نمونه‌های گیاهی (نوع گونه، جمعیت، اندام مورد استفاده، مرحله نمو) و شرایط محیطی (نوع خاک، شرایط اقلیمی، تنش‌ها) ازجمله آنها می‌باشند (Moraes de souza *et al*., 2008). محیط از طریق تأثیری که در فرایند تولید متابولیت‌ها و نیز آنزیم‌های مرتبط با آن دارد در نوع و شدت واکنش شیمیایی و تجمع متابولیت‌های ثانویه مؤثر

است (Hemati *et al*., 2003).

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که نتایج نشان داده جمعیت‌های علف‌طلایی جمع‌آوری شده از رویشگاه‌ها دارای تنوع بالایی می‌باشند که این موضوع علاوه بر ژنتیک متفاوت جمعیت‌ها می‌تواند مربوط به شرایط اکولوژی محل رویش آنها نیز باشد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان چنین بیان کرد که ارتفاعات باعث کاهش خصوصیات عملکردی گیاه علف‌طلایی شده و بعکس در ارتفاعات بالا خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه علف‌طلایی عمکلرد بهتری را نشان داد، به‌طوری که خصوصیات عملکردی مطلوب در جمعیت پل‌سفید و محتوای فنل، فلاونوئید کل و لئوکارپوزاید بالاتر در جمعیت سنگده مشاهده شد که دلیل آن را می‌توان ارتفاع بالای رویشگاه سنگده از سطح دریا نسبت به پل‌سفید دانست. باتوجه به نتایج بدست آمده ارتفاعات بالا از نظر کمّیت و کیفیت مواد موثره برای کشت و توسعه گیاه علف‌طلایی قابلیت بالایی دارند. از این مشاهدات می‌توان چنین نتیجه گرفت که عوامل محیطی و اقلیمی نیز همانند عوامل ژنتیکی بر صفات فیتوشیمیایی مؤثر می‌باشد. با توجه به اینکه لازمه اصلاح و اهلی‌سازی تنوع است، ازاین‌رو با گزینش بهترین ژنوتیپ با در نظر گرفتن صفات مطلوب می‌توان به کشت و زراعی کردن این گیاه در ایران اقدام کرد.

منابع مورد استفاده

- Arianfar, M., Akbarinodehi, D., Hemati, K. and Rostampoor, M., 2018. Effects of altitude and aspect on efficiency of producing essence and phytochemical properties of *Artemisia aucheri* Boiss. and *Artemisia sieberi* Besser. in South activities of *Hypericum perfoliatum* L. Industrial Crops and Products, 74: 342-347.
- Armand, N. and Jahantab, E., 2019. Phytochemical study of essential oil of *Smyrnium cordifolium* Boiss. in different habitats of Boyer Ahmad city. Journal of Rangeland, 13(1): 39-51.
- Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen-total: 595-624. In: Page, A.L. and Miller, R.H., (Eds.). Methods of Soil Analysis: Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agron Monogr 9. ASA and SSSA, Madison, 1159p.
- Cabrera-Toledo, D., Vargas-Ponce, O., Ascencio-Ramirez, S., Valadez-Sandoval., L.M., Perez-Alquicira, J., Morales-Saaverdra, J. and Hureta-Galvan, O., 2020. Morphological and genetic variation in monocultures, forestry systems and wild populations of *Agave maximiliana* of Western Mexico: implications for its conservation. Frontiers in Plant Science, 23(3): 817-832.
- Cseke, L.J., Kirakosyan, A., Kaufman, P.B., Warber, S.L., Duke, J.A. and Brielmann, H.L., 2006. Natural Products from Plants. CRC Press, USA, 632p.
- Eghlima, Gh., Hadian, J. and Motallebi Azar, A.R., 2018. Survey on diversity of morphological and biological production traits of *Satureja rechingeri* Jamzad clones in Dezfool climate. Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 40(4): 41-53.
- Eghlima, Gh., Sanikhani, M., Kheiry, A., Hadian, J. and Aelaei, M., 2019. A survey of genetic diversity of *Glycyrrhiza glabra* L. some populations using morphological and phytochemical characteristics. Plant Production Research, 26(4): 209-226.
- Eghlima, Gh., Sanikhani, M., Kheiry, A., Hadian, J. and Aelaei, M., 2021. Evaluation of glabridin content and its relationship with environmental factors in some different populations of *Glycyrrhiza glabra* L. native to Iran. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 9(1): 35-46.
- Figueredo-Urbina, G.J., Álvarez-Ríos, G.D., García-Montes, M.A. and Octavio-Aguilar, P., 2021. Morphological and genetic diversity of traditional varieties of agave in Hidalgo State, Mexico. PLoS ONE 16(7): e0254376.
- Gee, G. and Bauder, J., 1979. Particle size analysis by hydrometer: a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measurement parameters. Soil Science Society of America Journal, 43(5): 1004-1007.
- Ghahreman, A., 1994. Iran Chromophytes (Volume 4). Tehran University Publication Center, 618p.
- Hadian, J., Bigdeloo, M., Nazeri, V. and Khadivi-Khub, A., 2014. Assessment of genetic and chemical variability in *Thymus caramanicus*. Molecular Biology Reports, 41: 3201-3210.
- Hadian, J., Mirjalili, M.H., Kanai, M.R., Salehnia, A. and Ganjipoor, P., 2011. Phytochemical and morphological characterization of *Satureja khuzistanica* Jamzad populations from Iran. Chemistry & Biodiversity, 8: 902-915.
- Hemati, K.H., Omidbeigi, R. and Bashiri Sadr, Z., 2003. Effect of climate and harvest time on the qualitative and quantitative characteristics of flavonoids of citrus varieties. Ph.D. Thesis, Submitted to Modares University.
- Kamtekar, S., Keer, V. and Patil, V., 2014. Estimation of phenolic content, flavonoid content, antioxidant and alpha amylase inhibitory activity of marketed

- Nürk, N.M. and Crockett, S.L., 2011. Morphological and phytochemical diversity among *Hypericum* species of the Mediterranean Basin. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 5(1): 1-14.
- Pybus, J., Feldman, F.J. and Bowers, G.N., 1970. Measurement of total calcium in serum by atomic absorption spectrophotometry, with use of a strontium internal reference. Clinical Chemistry, 16(12): 998-1007.
- Salamati, M.S. and Zeinali, H., 2011. Evaluation of genetic diversity of some *Nigella Sativa* L. genotypes using agro-morphological characteristics. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 29(1): 201-204.
- Salehi, P., Asghari, B., Esmaeili, M.A., Dehghan, H. and Ghazi, I., 2013. α-Glucosidase and α-amylase inhibitory effect and antioxidant activity of ten plant extracts traditionally used in Iran for diabetes. Journal of Medicinal Plants Research, 7(6): 257-266.
- Tkachev, A.V., Korolyuk, E.A. and Letchamo, W., 2006. Volatile oil-bearing flora of Siberia VIII: Essential oil composition and antimicrobial activity of *wild Solidago virgaurea* L. from the Russian Altai. Journal of Essential Oil Research, 18(1): 46-50.
- Yaneva, Z.L., Simeonov, E.B. and Ivanova, D.G., 2020. In vitro Ultraviolet-B radiation mediated antioxidant response of Bulgarian Goldenrod (*Solidago virgaurea* L.) extract. Bulgarian Chemical Communications, 52: 33-40.
- Yavari, A., Shokrpour, M., Tabrizi, L. and Hadian, J., 2017. Analysis of morphological variation and general combining ability in half sib families of *Echinacea purpurea* L. Iranian Journal of Horticultural Science, 47(4): 617-630.
- Yavari, A.R., Nazeri, V., Sefidkon, F. and Hassani, M.E., 2010. Evaluation of some ecological factors, morphological traits and essential oil productivity of *Thymus migricus* Klokov & Desj. shost. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 26(2): 227-238.
- Zarghami Moghaddam, P., Maz, M., Zolfaghari, M.R., Badeleh, M.T. and Ghaemi, E.A., 2012. Antibacterial and antioxidant activities of root extract of *Onosma dichroanthum* Boiss., in north of Iran. African Journal of Microbiology Research, 6(8): 1776-1781.
polyherbal formulation. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 4(9): 061-065.
- Karampor, M., Usefi, H. and Kohpaye, N., 2015. Investigating the relationship between climatic elements and vegetation of rangelands in Hormozgan province (A Case Study *Gymnocarpus decander*). Natural Ecosystems of Iran, 6(3): 41-48.
- Mazandarani, M., Makari, S. and Bajian, G.R., 2011. Evaluation of phytochemical and antioxidant activity in different parts of *Herscleum gorganicum* Rech.F. in Golestan province, north of Iran. Iranian Journal Plant Physiohogy, 2(2): 381-388.
- Moraes de souza, R.A., Oldoni, T., Regitano, D., Arce, M. and Alencar, S.M., 2008. Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in Brazil. Ciencia Tecnololia de Alimentos, 6(1): 7-41.
- Motamedi, J., Ahmadzadeh, N., Alijanpour, A. and Sheidaei Karkaj, E., 2019. Ecological and morphological characteristics of *Verbascum speciosum* Schrader. in Sahand rangelands. Journal of Rangeland, 13(1): 76-89.
- Mozaffarian, V., 2012. Identification of Medicinal and Aromatic Plants of Iran. Farhang Moaser Publishers, 1444p.
- Nabavi, S.J., Zali, S.H., Ghorbani, J. and Kazemi, S.Y., 2016. Evaluation of soil physical and chemical properties and their respect with essential cones of *Juniperus communis* in mountainous rangelands of Hezarjarib-Mazandaran province. Journal of Plant Researches, 29(3): 608-618.
- Nelson, D. and Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter: 539-579. In: Page, A.L. and Miller, R.H., (Eds.). Methods of Soil Analysis: Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agron Monogr 9. ASA and SSSA, Madison, 1159p.
- Noormand Moaied, F., Bihamta, M.R., Tabaei-Aghdaei, S.R. and Naghavi, M.R., 2018. Study of morphological and phytochemical diversity among six (*Satureja* spp.) in East Azerbaijan province. Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 27(2): 252-266.
- Novakovic, J., Rajcevic, N., Garcia-Jacas, N., Susanna, A., D Marin, P. and Janackovic, P., 2019. Capitula essential oil composition of seven *Centaurea* species (sect. Acrocentron, Asteraceae)-taxonomic implication and ecological significance. Biochemical Systematics and Ecology, 83: 83-90.

Study on morphological, yield, and phytochemical characteristics of *Solidago virgaurea* L.

S. Parsafar[1], Gh. Eghlima[2], M.H. Mirjalili[3], S. Nejad Ebrahimi[4] and J. Hadian[5*]

1- M.Sc. student of Agriculture, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2- Ph.D. graduate of Physiology and Plant Breeding of Medicinal Plants, Department of Agriculture, Institute of Medicinal Plants and Raw Materials, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3- Department of Agriculture, Institute of Medicinal Plants and Raw Materials, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
4- Department of Phytochemistry, Institute of Medicinal Plants and Raw Materials, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
5*- Corresponding author, Department of Agriculture, Institute of Medicinal Plants and Raw Material, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, E-mail: javadhadian@gmail.com

Received: August 2021 Revised: December 2021 Accepted: December 2021

Abstract

The morphological, yield, and phytochemical characteristics of *Solidago virgaurea* L. were studied at the full flowering stage in two habitats of Pol Sefid and Sang Deh in Mazandaran province in 2019. The traits including plant height, plant diameter, inflorescence length, number of stems, length and leaf width, length and ray floret width, tubular floret length, flower diameter, receptacle diameter, stem diameter, fresh and plant dry weight, fresh and leaf dry weight, fresh and stem dry weight, fresh and leaf+flower dry weight, and total phenols (by Folin-Ciocalteu method), flavonoids (by aluminum chloride method), and leiocarposide (by HPLC) contents were measured. The results showed that the highest amounts of inflorescence length (40 cm), flower diameter (21.1 mm), plant dry weight (9.44 g plant^{-1}), flower dry weight (6.06 g plant^{-1}), flower+leaf dry weight (7.22 g plant^{-1}), and stem dry weight (2.22 g plant^{-1}) were obtained in the population "Pol Sefid". A positive and significant correlation was observed between the plant dry weight and traits including the plant height, number of stems, stem diameter, flower diameter, plant fresh weight, fresh and leaf dry weight, fresh and stem dry weight, fresh and leaf+flower dry weight, and total flavonoids. The content of total phenols (26.95 mg Gallic acid/g DW), total flavonoids (8.82 mg Rutin/g DW), and leiocarposide (2.08 mg/g DW) was higher in the population "Sang Deh" than "Pol Sefid".

Keywords: *Solidago virgaurea* L., environmental factors, morphological and yield traits, leiocarposide.