مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۲ شماره ۲ صفحه های ۱۷۵ تا ۱۸۸ (۱۴۰۰)

مقاله پژوهشی

ارزیابی تنوع ژنتیکی در تعدادی از رگه‌های کاهو بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیک و فنولوژیک[1]

Evaluation of Genetic Diversity in Some Lettuce Lines According to the Morphological and Phenological Characteristics

محمدرضا رضائی، یوسف حمیداوغلی*، جمالعلی الفتی، علی اعلمی و عبدالکریم ذاکری[2]

چکیده

ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۶ رگه داخلی و ۴ رگه خارجی با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیک و فنولوژیک بر اساس توصیف‌گر کاهو در مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۳ تکرار انجام گردید. نتیجه‌های بررسی نشان داد تنوع بالایی در بین رگه‌های داخلی وجود دارد و رگه‌های خارجی در بیشتر ویژگی‌های مورد ارزیابی دارای تفاوت قابل توجهی با رگه‌های داخلی بودند که این امر در به‌نژادی این سبزی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. بر اساس تاریخ گل‌دهی، رگه‌های مورد ارزیابی در ۳ گروه زودگل، متوسط گل و دیرگل طبقه‌بندی شدند. وزن پیچ از ۹۰۶/۳۳ گرم در رگه R12 تا ۲۸۴/۳۳ گرم در رگه R2 متغیر بود. تفاوت بین رگه‌های کاهوی مورد بررسی از نظر ویژگی‌های کمی مانند وزن پیچ نیز در سطح احتمال ۱٪معنی‌داری بود. تجزیه خوشه‌ای براساس ویژگی‌های کمی و کیفی به طور جداگانه انجام گرفت. رگه‌های مورد ارزیابی براساس ویژگی‌های کمی و کیفی در ۳ گروه طبقه‌بندی شدند که از این نظر بین گروه‌بندی انجام شده بر اساس ویژگی‌های کمی و کیفی تفاوت‌هایی مشاهده شد که این موضوع می‌تواند در تلاقی‌ها، کارهای به‌نژادی و تولید بذر دورگه با ویژگی‌های متفاوت مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: به نژادی، تجزیه خوشه‌ای، دورگه، گلدهی.

مقدمه

کاهو با نام علمی (*Lactuca sativa* L.) جزء یکی از مهمترین سبزی‌های سالادی دنیا محسوب می‌شود که در سال‌های اخیر به طور قابل توجهی مورد کشت و کار قرار گرفته است (۱، ۲۲). کشت و کار کاهو سابقه بسیار طولانی دارد. شواهد نشان می دهد مصری‌ها از ۴۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح این گیاه را پرورش داده‌اند. امروزه در تمام قاره‌ها کاهو کشت می‌شود (۱۵) و ایالات متحده امریکا و اروپا به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده و تولیدکننده کاهو در جهان به شمار می‌آیند. خاستگاه کاهو حوضه مدیترانه و غرب آسیا است (۴، ۶). براساس آمار سازمان خوار و بار کشاورزی FAO سطح زیر کشت کاهو در دنیا ۱۱۱۶۲۲۰/۴۰ هکتار است که ایران با ۱۷۰۴۵ هکتار سطح زیرکشت، ۵۲۵۴۸۳ تن تولید و متوسط عملکرد ۳۱ تن در هکتار در رتبه پنجم جهان جای دارد (۷). کاهو به تقریب در تمام طول سال تولید می‌شود، زیرا تعدادی از واریته‌ها وجود دارند که در اوایل بهار، در طول تابستان و در زمستان به طور موفقیت آمیز تولید می‌شوند (۸). کاهو از نظر ویتامین‌های مختلف مانند C، K و A بسیار غنی است. این سبزی مقادیر قابل توجهی فسفر، کلسیم و پتاسیم ذخیره می‌کند و سایر ماده‌های غذایی در انواع کاهو در مقادیر متفاوتی وجود دارند (۲، ۹). کاهو شامل مقادیر قابل توجهی از

۱- تاریخ دریافت: ۹۹/۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۹/۱۱

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری پردیس دانشگاهی دانشگاه گیلان، دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، دانشیار گروه بیوتکنولوژی کشاورزی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، شیراز، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (hamidoghli@gmail.com).

آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب نظیر ویتامین C و انواع ترکیب‌های فنولیک (فنولیک اسیدها، آنتوسیانیدها)، افزون بر آنتی‌اکسیدان‌های محلول در چربی مانند لوتئین یا توکوفرول‌ها می‌باشد (۳، ۱۹). دامنه وسیعی از تنوع مورفولوژیکی در کاهو وجود دارد. تغییر در شکل برگ و ویژگی‌های سر منجر به ایجاد شش تیپ کاهو شده است که عبارتند از کاهوی ساقه‌ای[۱] باترهد[۲]، بابلی[۳]، کاهو یخی[۴]، کاهو روغنی[۵] و کاهو برگی[۶] (۱۴). امروزه از روش‌های مختلفی مانند مورفولوژی میوه و برگ، بیوشیمیایی و مولکولی جهت بررسی تنوع ژنتیکی استفاده می‌شود. بهره‌گیری از ویژگی‌های مورفولوژی یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال کاراترین ابزارهای طبقه‌بندی گیاهان است (۱). بررسی ویژگی‌های مورفولوژی و فنولوژی گام اول برای توصیف و گروه‌بندی نژادگان‌های یک مجموعه گیاهی است. هزینه کم و کاربرد ساده استفاده از آن‌ها سبب شده است تا جزء متداول‌ترین مارکرهای مورد استفاده در اصلاح گیاهان باشد. تنوع ژنتیکی اساس کار اصلاح گیاهان و پایه تمام گزینش‌ها است. یک به‌نژادگر در صورتی می‌تواند موفقیت قابل توجهی در برنامه اصلاحی خود داشته باشد که تنوع و دامنه انتخاب نژادگان‌های مناسب برای او وجود داشته باشد. با افزایش فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های یک گونه، احتمال هتروزیس در برنامه‌های به‌نژادی افزایش می‌یابد که می‌توان از آن در برنامه‌های تلاقی و بررسی‌های مربوط به ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی استفاده نمود (۲۰). براساس پژوهش‌های Lebeda و همکاران (۱۲) جنس کاهوسا در جهان دارای ۹۸ گونه است که ۵۱ گونه در آسیا، ۴۳ گونه در آفریقا، ۱۷ گونه در اروپا، ۱۲ گونه در آمریکا و ۳ گونه در استرالیا یافت می‌شوند. در میان گونه‌های آسیایی کشورهای پاکستان، هند و ایران به ترتیب با ۲۳، ۱۸ و ۱۵ گونه بیشترین میزان تنوع ژنتیکی را به خود اختصاص داده‌اند. موسوی و همکاران (۱۶، ۱۸) در پژوهشی با بررسی تعدادی از نژادگان‌های کاهوی ایرانی با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیکی بیان نمودند تنوع ژنتیکی بالایی میان نژادگان‌های کاهوی ایرانی وجود دارد و سه تیپ برگی، ساقه‌ای و بابلی در میان این کاهوها وجود دارد. موسوی و همکاران (۱۸) در آزمایشی دیگر با بررسی تعدادی از نژادگان‌های کاهوی ایرانی با استفاده از نشانگر RAPD بیان کردند نژادگان‌های مورد بررسی دارای تنوع ژنتیکی بالایی هستند و استفاده از نشانگرهای RAPD برای گروه‌بندی کاهوهای بومی ایران روش مفید و موثری است. تنوع در نژادگان‌های کاهو بیشتر در ویژگی‌های رویشی مانند طول برگ، شکل، رنگ، بافت، اندازه و نوع پیچ است. به منظور افزایش بهره‌وری، تغییر ساختار ژنتیکی ژرم پلاسم کاهو برای یافتن دورگه‌هایی با ویژگی‌های مناسب برگ و پیچ، مقاوم به تنش‌های زیستی و غیرزیستی، جذاب و پرمحصول مورد نیاز است. از آنجا که تنوع ژنتیکی بالایی در بین نژادگان‌های کاهوی ایرانی وجود دارد، ارزیابی و گروه‌بندی این ذخایر ژنی ارزشمند اهمیت ویژه‌ای دارند. از طرفی مقایسه ذخایر ژنی بومی با دیگر نژادگان‌های غیربومی و وارداتی جهت پیشبرد پژوهش‌های به‌نژادی و تولید کاهوهای دورگه با ویژگی‌های مناسب ضروری است. لذا هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی تنوع ژنتیکی برخی رگه‌های بومی و غیربومی کاهو از نظر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فنولوژیکی و گروه‌بندی این رگه‌ها جهت شناسایی پتانسیل‌های به‌نژادی این رگه‌ها بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ابتدا بذرهای ۲۰ رگه کاهو که شامل رگه‌های داخلی و خارجی بودند جمع آوری شدند. این ارقام عبارت بودند از: بهبهان خوزستان (R1)، شیخ عبود فارس (R2)، فری بابلی-کرجی (R4)، برازجان بوشهر (R6)، کاهوپیچ (R8)، کاهو جهرمی (R11)، زرقان فارس (R13)، دارابی (R16)، بومی شهسوار (R17)، علی‌آباد شیراز (R18)، محلی لنگرود (R19) و مینودشت (R20) از نقاط کشور که کاهوی بومی خود را داشتند و آوی فلورا ۲۶۸۰۸ (R3)، پاریس ایسلند[۹] (R5)، تی ان- ۹-۹۶ (R7)، تی ان-۶-۹۶[۱۱] (R9)، آوی فلورا ۲۶۴۳[۱۲] (R10)، -تی ان-۸۴-۹۶[۱۳] (R12)، مستر فادر گیلز[۱۴] (R14) و تی ان-۱۶-۹۶[۱۵] (R15) از مرکز بانک بذر کرج جمع‌آوری گردید. ویژگی‌های جغرافیایی و محل جمع‌آوری رگه‌های مختلف کاهو که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند در جدول ۱ قابل مشاهده است.

Stem Lettuce -۱	Butter head -۲	Romaine (cos) -۳	Crisphead (Iceberg) -۴	Oil seed -۵
Leafy lettuce -۶	*Lactuca* -۷	Aviflora2680 -۸	Paris Island -۹	TN-96-9 -۱۰
Aviflora2643 -۱۲	TN-96-84 -۱۳	Mr. Fothergils -۱۴	TN-96-16 -۱۵	TN-96-6 -۱۱

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی محل جمع‌آوری رگه‌های مختلف کاهو.

Table 1. Geographical specifications of collecting sites of different lettuce lines.

شماره رگه Line no	نام رگه Line name	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude
R1	Behbahan	325	30°30' N	50°15' E
R2	Sheykh Abud Fars	1519	29°30' N	55°00' E
R3	Aviflora 2680			
R4	Babol	-2	36°40' N	53°12E
R5	Parris Island			
R6	Borazjan	80	29°22'N	51°10'E
R7	Tn-96-9	1380	35°48'N	51°00'E
R8	Pich Babol	45	36°34N	53°12E
R9	Tn-96-6	1380	35°48'N	51°00'E
R10	Aviflora 2643			
R11	Jahrom	1050	28°30'N	53°31'E
R12	Tn-96-84	1380	35°48'N	51°00'E
R13	Zarqan	1600	29°46'N	52°42'E
R14	Mr Fothergils			
R15	Tn-96-16	1380	35°48'N	51°00'E
R16	Darab Fars	1180	28°50'N	54°30'E
R17	Shasavar	-20	36°45'N	51°12'E
R18	Aliabad Fars	1540	۲۹°37N	52°22E
R19	Mahali Langarud	21	36°11'N	52°10'E
R20	Minudasht	870	37°13'N	55°22'E

بعد از جمع‌آوری، بذرهای نژادگان‌ها در مزرعه کشت و تک بوته‌هایی از هر جمعیت انتخاب و پس از جداسازی، عملیات بذرگیری انجام شد و بذرهای حاصل به عنوان رگه‌های مورد استفاده در این پژوهش استفاده شدند. بذر رگه‌های مورد نظر، در بهمن ماه در خزانه گلخانه شیشه‌ای دانشگاه گیلان مورد کشت قرار گرفتند. بستر کشت حاوی کود پوسیده دامی و خاک به نسبت مساوی بود. میانگین دمای گلخانه در طی مراحل تهیه نشاء ۲۴ درجه سلسیوس بود. بعد از آنکه گیاهچه‌ها به مرحله ۳ تا ۴ برگ حقیقی رسیدند، به گلدان‌های کوچک منتقل شدند. در مرحله ۱۰ برگی گیاهچه‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار به زمین اصلی واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان منتقل شدند. تمامی گیاهان تا ۳ ماه به صورت منظم آبیاری شدند تا به مرحله گلدهی رسیدند. در مرحله بعد رگه‌های مختلف کاهو بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و فنولوژیکی با استفاده از توصیف‌گر کاهو (۱۰) مورد ارزیابی قرار گرفتند. ویژگی‌های کمی و کیفی که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند عبارت بودند از: ویژگی‌های کمی (وزن هزار دانه، عمق شکاف حاشیه برگ‌های بالایی، روز تا تشکیل پیچ، اندازه پیچ، وزن پیچ، طول ساقه به همراه گل‌آذین در مرحله تمام گل، تعداد گل زبانه‌ای در گل، تعداد شاخه‌های گل‌دهنده، تعداد روز از کاشت تا آثار گلدهی، تعداد روز از کاشت تا مرحله پیشرفته گلدهی) - ویژگی‌های کیفی (رنگ فندقه، رنگ لپه، آنتوسیانین برگ‌های جوان، حاشیه برگ‌های جوان، توزیع آنتوسیانین روی برگ‌های بالغ، رنگ برگ‌های بالغ بیرونی، حاشیه برگ‌های بالغ، تاول روی برگ‌های بالغ بیرونی، کرک‌های روی گریبانه پیچ، شدت آنتوسیانین گل و رنگ گل‌های گل‌آذین). تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی و مقایسه میانگین‌ها از راه آزمون توکی با نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گردید. جهت تعیین فاصله ژنتیکی، گروه‌بندی رگه‌ها، تجزیه خوشه‌ای و رسم دندروگرام از نرم افزار NTSYS استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین رگه‌های کاهوی مورد بررسی از نظر ویژگی‌های کمی در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. این اختلاف معنی‌دار، نشان دهنده تنوع ژنتیکی قابل توجهی بین رگه‌های مورد بررسی است. اندازه‌گیری ویژگی‌های کمی نشان داد میزان طول ساقه به انضمام گل‌آذین در مرحله تمام‌گل نیز بین رگه‌ها متغیر بود، به‌طوری که رگه‌های R7 و R10 با طول ساقه گل‌دهنده ۸۶/ ۱۵۹ و ۸۲ سانتی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین میزان طول

ساقه گل‌دهنده را داشتند. اندازه‌گیری وزن پیچ نشان داد وزن پیچ از ۹۰۶/۳۳ گرم در رگه R1 تا ۲۸۴/۳۳ گرم در رگه R2 متغیر است که از نظر آماری این اختلاف نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. رگه R17 با عرض پیچ ۴۴ سانتی‌متر بیشترین و رگه R4 با عرض ۱۳ سانتی‌متر کمترین میزان عرض پیچ را داشتند. عمق شکاف حاشیه برگ‌های تقسیم شده بالایی نیز بین ۰/۷۹ و ۰/۲۹ سانتی‌متر بود و رگه R4 دارای بالاترین میزان عمق شکاف حاشیه برگ بود که تفاوت معنی‌داری با دیگر ارقام داشت و کمترین این میزان مربوط به رگه R6 بود. نتیجه‌ها نشان داد وزن هزار دانه از ۰/۷ تا ۱/۷ گرم متفاوت بود. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به رگه‌های R10 و R7 و کمترین آن مربوط به رگه R17 بود. نتیجه‌های این پژوهش با یافته‌های Kristkova و همکاران (۱۰) مبنی بر وجود تنوع در وزن هزار دانه در رگه‌های کاهو همخوانی دارد. آن‌ها بیان کردند بذرهای کاهو بر اساس وزن هزار دانه در ۳ گروه وزنی کم (کمتر از ۰/۹ گرم)، متوسط (۰/۹ -۱/۲ گرم) و بالا (بیشتر از ۱/۲ گرم) قابل گروه‌بندی هستند. بر این اساس رگه‌های کاهوی مورد بررسی در این پژوهش بر اساس وزن هزار دانه در دو گروه کم و متوسط قرار می‌گیرند.

با توجه به تاریخ گلدهی و مشاهده اولین نشانه‌های گلدهی بعد از کاشت، رگه‌های مورد بررسی در این پژوهش را می‌توان به ۳ گروه زودگل (۴۷-۴۴ روز)، متوسط‌گل (۶۸-۶۶ روز) و دیرگل (۱۰۸ روز) تقسیم‌بندی کرد. رگه‌هایی که در گروه زودگل قرار گرفتند عبارتند از: R12، R1، R7، R18، R15، R2، R8، R16، R19، R14، R5 و R11 که به احتمال برای کشت در فصل‌های گرم مناسب نخواهند بود. رگه‌های گروه متوسط‌گل شامل رگه‌های R20، R9، R6، R17، R13، R10 و R4 بودند که به احتمال برای کشت‌های بهاره مناسب باشند. در بین رگه‌های مورد بررسی تنها رگه R3 در گروه دیرگل قرار گرفت که می‌توان از آن برای رسیدن به نژادگان‌های مناسب کشت در هوای گرم استفاده نمود. از آنجا که رگه R3 در مدت زمان طولانی‌تری به گل رفت و یک رگه دیرگل محسوب می‌شود می‌توان کشت آن را در مناطقی با تابستان طولانی توصیه کرد. رگه‌های دیرگل به سبب اینکه در مناطق گرم رشد رویشی بهتری دارند و دیر به گل می‌روند و قابلیت استفاده در تابستان طولانی را دارند جهت استفاده از بخش رویشی، کشت آن‌ها در مناطق با دوره طولانی گرما توصیه می‌شود. برای مناطقی با تابستان خنک‌تر و دوره گرمای کوتاه، ارقام زودگل مناسب‌ترند. به طور کلی در بین رگه‌های مورد بررسی، رگه‌های R12 و R3 با ۴۴ و ۱۰۸ روز پس از کاشت به ترتیب به عنوان زودگل‌ترین و دیرگل‌ترین رگه‌های کاهو در این پژوهش بودند.

هم‌چنین رگه R3 در مدت زمان طولانی‌تری نسبت به دیگر رگه‌ها وارد مرحله پیشرفته گلدهی شد. رگه‌های R7 و R12 زودتر از سایر رگه‌ها وارد مرحله پیشرفته گلدهی شدند (جدول ۲). کمترین تعداد شاخه گل‌دهنده مربوط به رگه‌های R14 و R7 بود. چنانچه تولید بذر و استفاده از ماده‌های موثره موجود در بذر مدنظر باشد، کشت و کار ارقام با تولید شاخه گل‌دهنده و بذر بیشتر پیشنهاد می‌شود. رگه R15 با میانگین تعداد شاخه گل‌دهنده ۲۲/۶۸ بیشترین تعداد ساقه گل‌دهنده را داشت. از نظر وجود تعداد گل زبانه‌ای در گل در میان بیشتر رگه‌ها تفاوت قابل توجهی مشاهده نشد. در بین رگه‌های مورد بررسی رگه R9 دارای بیشترین میزان گل زبانه‌ای بود و تفاوت معنی‌داری با دیگر رگه‌ها داشت. کمترین تعداد گل زبانه‌ای مربوط به رگه R10 بود (جدول ۲).

در به‌نژادی، ضریب تغییرات یکی از با ارزش‌ترین پارامترهای تعیین تنوع در جمعیت‌های گیاهی می‌باشد. از آنجا که این شاخص از واحد اندازه‌گیری ویژگی و یا دامنه تغییرات آن تأثیر نمی‌گیرد از دیگر شاخص‌های تنوع اهمیت بیشتری دارد و می‌توان با اعتماد بیشتری انتخاب‌های مناسب را برای به‌نژادی ویژگی‌هایی که ضریب تغییرات بالاتری دارند، انجام داد (۵). بررسی ضرایب تغییرات نشان داد که ویژگی تعداد شاخه‌های گل دهنده (۱۵/۴۱ درصد) و عرض پیچ (۱۳/۸۳ درصد) بالاترین ضریب تغییرات را داشت. بنابراین، می‌توان از این ویژگی‌ها در اصلاح کاهو استفاده نمود و انتخاب‌های مؤثری در بین نمونه‌های مورد مطالعه جهت بهبود و اصلاح این ویژگی‌ها انجام داد. هم‌چنین کمترین ضریب تغییرات مربوط به ویژگی‌های تعداد روز از کاشت تا مرحله پیشرفته گلدهی (۱/۹۶ درصد) و وزن پیچ (۴/۱۹) بود و اصلاح این ویژگی نسبت به ویژگی‌های دیگر از راه گزینش در نمونه‌های مورد مطالعه با موفقیت کمتری همراه خواهد بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های کمی در رگه‌های کاهو.

Table 2. Mean comparison of quantitative traits in lettuce lines.

شماره رگه Line No.	طول ساقه به انضمام گل آذین در مرحله تمام گل Stem length including inflorescence at full flowering stage (cm)	وزن پیچ Head weight (g)	عرض پیچ Head width (cm)	عمق شکاف حاشیه برگ‌های بیرونی بالغ Depth of incisions in outer adult leaf (cm)	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)
R1	126.19 bcd	777.00 c	36. 00 abc	0.32 b	1.05 abc
R2	93.67 fg	284.33 k	22.00 d	0.31 b	0.96 a-d
R3	102.00 efg	867.33 ab	37.00 abc	0.31 b	0.82 c-f
R4	130.00 bcd	330.00 j	13.00 e	0.79 a	0.97 a-d
R5	115.47 b-f	517.33 ghi	21.33 d	0.31 b	1.12 ab
R6	126.400 bcd	572.67 ef	36.87 abc	0.29 b	0.95 a-d
R7	159.87 a	358.33 j	35.00 bc	0.31 b	1.17 a
R8	123.21 b-e	541.33 fg	34.60 bc	0.31 b	0.99 a-d
R9	116.90 b-e	876.00 a	34.67 bc	0.30 b	1.07 ab
R10	82.00 g	487.33 i	19.33 de	0.31 b	1.17 a
R11	132.77 bc	563.7 ef	42.33 ab	0.30 b	0.79 def
R12	110.07 c-f	906.33 a	33.93 c	0.31 b	0.96 a-d
R13	127.00 bcd	795.67 c	39.00 abc	0.30 b	1.03 abc
R14	106.53 def	534.67 fgh	23.33 d	0.31 b	0.71 ef
R15	119.71 b-e	837.33 b	36.67 abc	0.31 b	0.93 b-e
R16	136.67 b	681.00 d	35.67 abc	0.31 b	0.93 b-e
R17	129.00 bcd	495.00 hi	44.00 a	0.31 b	0.70 f
R18	109.17 c-f	595.33 e	34.33 bc	0.31 b	1.04 abc
R19	128.33 bcd	359.00 j	43.00 ab	0.30 b	0.95 a-d
R20	125.10 b-e	561.33 efg	37.47 abc	0.30 b	1.11 ab

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level according to Tukey test.

میانگین با حرف‌های مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

جدول ۲- ادامه.

Table 2. Continued.

شماره رگه Line No.	تعداد روز از کاشت تا مرحله پیشرفته گل‌دهی Number of days after sowing to the advanced flowering stage	تعداد روز از کاشت تا نشانه‌های ظاهری گل‌دهی Number of days after sowing to the visual symptoms of flowering	تعداد شاخه‌های گل دهنده Number of inflorescence	تعداد گل زبانه‌ای در گل Number of ligules in flower
R1	92.33 d	45.33 c	16.33 a-e	20.33 b
R2	92.00 d	47.00 c	16.33 a-e	20.33 b
R3	134.00 a	108.33 a	15.00 cde	21.00 b
R4	111.33 b	68.33 b	18.67 a-d	20.33 b
R5	91.33 d	46.33 c	15.33 cde	20.33 b
R6	111.00 b	67.67 b	22.00 a	20.33 b
R7	86.67 f	46.67 c	12.00 ef	20.33 b
R8	91.00 de	48.00 c	22.00 a	20.33 b
R9	111.00 b	67.67 b	19.33 abc	23.00 a
R10	111.67 b	67.00 b	14.00 de	15.67 c
R11	92.33 d	47.33 c	22.33 a	20.33 b
R12	87.67 ef	44.33 c	21.00 ab	20.33 b
R13	111.00 b	67.67 b	16.00 a-e	20.33 b
R14	92.00 d	46.33 c	12.00 ef	20.33 b
R15	89.00 def	47.00 c	22.67 a	20.33 b
R16	92.00 d	47.67 c	22.00 a	20.33 b
R17	111.00 b	66.67 b	14.67 cde	20.33 b
R18	92.00 d	45.67 c	20.67 ab	23.00 a
R19	92.00 d	47.67 c	14.00 de	20.33 b
R20	103.00 c	67.67 b	14.00 de	20.33 b

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level according to Tukey test.

میانگین با حرف‌های مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

تجزیه همبستگی بین مهمترین ویژگی‌های (۲۰ ویژگی) دارای بیشترین ضریب تغییرات محاسبه گردید که شرح آن‌ها در جدول ۴ آورده شده است. نتیجه‌ها نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن پیچ و عرض پیچ و نیز همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین رنگ بذر و شکل برگ‌های بیرونی مشاهده شد. هم‌چنین یک همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول ساقه گل دهنده و عرض پیچ مشاهده شد. بین تعداد شاخه گل‌دهنده و عمق حاشیه برگ، وزن پیچ و تعداد گل زبانه‌ای در گل یک رابطه خطی و معنی‌دار مشاهده شد. هم‌چنین بین ویژگی‌های تعداد روز از کاشت تا آثار گلدهی و تعداد روز از کاشت تا مرحله پیشرفته گلدهی یک همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد که نشان دهنده این واقعیت است که رگه‌هایی که در

مرحله کوتاه‌تری نشانه‌های گل‌دهی را نشان دادند زودتر وارد مرحله پیشرفته گلدهی و تولید بذر خواهند شد. همسو با جدول ارزیابی ویژگی‌های کیفی (جدول ۵)، بر اساس توصیف‌گر کاهو تنوع زیادی در رنگ فندقه‌های کاهو در بین رگه‌های مورد بررسی وجود دارد که با نتیجه‌های Kristkova و همکاران (۱۰) همخوانی دارد. هم‌چنین، Duman و همکاران (۵) در پژوهش خود وجود تنوع رنگی سفید، خاکستری و سیاه در فندقه‌های کاهو را بیان کردند. در پژوهش حاضر در بررسی رنگ فندقه‌ها، رنگ‌های سفید خاکستری، کرم، خرمایی، قهوه‌ای، خاکستری و سیاه مشاهده شد. در بین ۲۰ رگه مورد ارزیابی ۷ رگه دارای رنگ فندقه کرم، ۶ رگه داری رنگ فندقه سفید خاکستری، ۲ رگه دارای رنگ فندقه قهوه‌ای، ۲ رگه داری رنگ فندقه خاکستری، ۲ رگه دارای رنگ فندقه خرمایی و یک رگه دارای رنگ فندقه سیاه بود. در بین رگه‌های مورد بررسی رنگ لپه سبز، سبز روشن و سبز تیره مشاهده شد که بیشتر رگه‌ها دارای رنگ لپه سبز بودند. تنها رگه‌های R11، R1 و R12 دارای رنگ لپه سبز تیره بودند (جدول ۵). بیشتر رقم‌ها دارای مقدار کمی آنتوسیانین روی برگ‌های جوان بودند. تنها رگه‌های R10 و R3 دارای میزان آنتوسیانین قابل توجهی روی برگ‌های جوان بودند که از بین این دورگه R3 بیشترین مقدار را داشت.

بعد از رشد برگ‌ها و رسیدن به رشد نهایی توزیع آنتوسیانین روی آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. از میان ۲۰ رگه مورد ارزیابی ۱۸ رگه فاقد آنتوسیانین روی برگ‌های بالغ بودند. روی حاشیه برگ رگه R10 هم‌چنین روی پهنک برگ رگه R3 آنتوسیانین مشاهده شد. براساس این نتیجه‌ها تنوع زیادی از نظر توزیع آنتوسیانین روی برگ‌های بالغ در بین رگه‌های مورد بررسی مشاهده نشد (جدول ۳).

تجزیه خوشه‌ای بر اساس ویژگی‌های کمی و کیفی اندازه‌گیری شده برای ۲۰ رگه کاهو انجام گرفت. براساس نتیجه‌های به دست آمده، ۲۰ رگه کاهوی مورد بررسی در سه گروه مجزا دسته بندی شدند. بر این اساس رگه‌های R10، R20، R4، R19، R16، R18، R8، R11، R7، R15 و R12 در گروه اول قرار گرفتند که این رگه‌ها از نظر ویژگی‌های رنگ بذر، رنگ لپه‌ها، آنتوسیانین، اندازه پیچ، وزن پیچ و طول ساقه گلدهنده مقادیر مشابهی داشتند و دارای شباهت بودند. بر اساس دندروگرام مربوطه، رگه‌های R5، R6 و R13 در دسته دوم جدا شدند و در ویژگی‌های رنگ برگ‌های جوان، حاشیه برگ‌های جوان، رنگ برگ‌های بالغ و اندازه پیچ بسیار به همدیگر نزدیک و شبیه بودند به طوریکه این سه رگه از سایرین جدا شده و در یک دسته جدا قرار گرفتند. سایر رگه‌ها شامل R3، R14، R9، R17، R1 و R2 بودند که در گروه سوم قرار گرفتند. این رگه‌ها دارای پیچ‌های با وزن کمتر، رنگ بذر و برگ غلیظ‌تر و سبزتر از سایر رگه‌ها بودند و مقدار آنتوسیانین بیشتری داشتند (شکل ۱). برخی پژوهشگران مانند Liu و همکاران (۱۳) آزمایش تفکیک، یکنواختی و پایداری ویژگی‌ها را در برخی رگه‌های کاهو با استفاده از ترکیب نشانگرهای مولکولی و ویژگی‌های مورفولوژی مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور ۴۰ ویژگی مورفولوژیک در ۵۰ واریته کاهو به منظور بررسی تنوع ژنتیکی بین آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه‌های تجزیه خوشه‌ای براساس روش وارد نشان داد که ۵۰ واریته کاهو در سه گروه مختلف قرار گرفتند. گزارش شد اگرچه ویژگی‌های مورفولوژیک بسیار از محیط تأثیر می‌پذیرند، اما حذف اثرهای محیط و کشت در شرایط یکسان در یک یا چند سال متوالی می‌تواند منجر به نتیجه‌های با ارزش و قابل اتکایی گردد.

برای تولید دورگه‌هایی با هتروزیس بالا از نظر عملکرد و اجزای آن و هم‌چنین انباشت ویژگی‌های مطلوب والدین در دورگه و تولید دورگه‌های با کیفیت بالاتر با توجه به ویژگی‌های هر رگه، بهتر است آن‌هایی که در تجزیه خوشه‌ای دارای فاصله بیشتری هستند به عنوان والد انتخاب شوند (۲۰). از آنجا که در این پژوهش از رگه‌های خارجی نیز استفاده شد می‌توان در تلاقی‌ها از این رگه‌ها که گاهی دارای ویژگی‌های متفاوتی نسبت به رگه‌های داخلی بودند، استفاده نمود. رگه‌های مورد ارزیابی در این پژوهش دارای تنوع بالایی از نظر ویژگی‌های مورد مطالعه بودند. نتیجه‌های این پژوهش می‌تواند به‌نژادگر را در دانستن ویژگی‌های کمی و کیفی رگه‌های مختلف کاهوی بومی و خارجی و تولید بذر دورگه با ویژگی‌های متفاوت یاری دهد.

جدول ۳- شرح و ضریب تغییرات مهمترین ویژگی‌های کمی و کیفی مورد بررسی در کاهو.

Table 3. Description and coefficient of variation of the most important quantitative and qualitative examined traits in lettuce.

ویژگی‌ها Traits	نماد Symbol	واحد Unite	ضریب تغییرات CV
رنگ بذر Seed color	**SC**	کیفی Qualitative	16.7
رنگ لپه Cotyledon color	CC	کیفی Qualitative	23.11
موقعیت برگ‌های جوان Position of young leaves	PYL	درجه degree (˚)	19.67
رنگ برگ جوان Young leaf color	YLC	کیفی Qualitative	21.26
آنتوسیانین Anthocyanin	An	کیفی Qualitative	13.33
شکل بیرونی برگ‌های جوان Outside shape of young leaves	SYLO	کیفی Qualitative	31.27
شکل نوک پهنک برگ Shape of leaf blade tip	SLBT	کیفی Qualitative	16.77
شکل‌گیری شکل برگ Leaf-shaped formation	LSS	کیفی Qualitative	14.36
حاشیه برگ‌های جوان Margins of the young leaves	MYL	کیفی Qualitative	21.03
رنگ برگ بالغ Adult leaf color	ALC	کیفی Qualitative	18.09
شدت رنگ برگ‌های بیرونی Color intensity of the outer leaves	CIOL	کیفی Qualitative	15.1
تاول در برگ‌های بالغ بیرونی Blisters on the outer adult leaves	BOAL	کیفی Qualitative	21.46
آرایش پیچ Head makeup	HM	کیفی Qualitative	13.03
شکل عمودی پیچ Shape of the vertical head	SVH	کیفی Qualitative	22.45
اندازه پیچ Head size	HS	سانتی‌متر cm	21.36
همپوشانی برگ‌های بالغ بیرونی پیچ Overlap the outer adult leaves of the head	OAH	کیفی Qualitative	14.05
استحکام پیچ Head strength	HSr	کیفی Qualitative	16.35
موقعیت برگ‌های تاج Position of the crown leaves	PCL	-	17.1
وزن پیچ Head weight	HW	گرم g	14.19
طول ساقه Stem length	SLI	سانتی‌متر cm	12.14

جدول ۴- تجزیه همبستگی برخی ویژگی‌های مهم کمی و کیفی رگه‌های کاهوی مورد بررسی.

Table 4. Analysis of the correlation of important quantitative and qualitative traits of lettuce lines

	SC	CC	PYL	YLC	An	SYLO	SLBT	LSS	MYL	ALC	CIOL	BOAL	HM	SVH	HS	OAH	HSr	PCL	HW
SC	1																		
CC	-0.246	1																	
PYL	-0.455*	0.549*	1																
YLC	0.230	-0.138	-0.286	1															
An	0.326	-0.385	-0.607**	0.087	1														
SYLO	0.578**	-0.290	-0.485*	0.101	0.847**	1													
SLBT	-0.029	-0.153	-0.161	0.226	0.507*	0.478*	1												
LSS	-0.407	0.508*	0.758**	-0.446*	-0.254	-0.151	0.221	1											
MYL	-0.421	0.384	0.261	0.294	-0.078	-0.236	-0.149	0.157	1										
ALC	0.338	-0.326	-0.400	0.037	0.892**	0.854**	0.621**	0.010	-0.112	1									
CIOL	-0.239	0.291	0.446*	-0.068	-0.176	-0.138	-0.109	0.419	0.517*	-0.094	1								
BOAL	-0.223	0.099	0.198	-0.021	-0.083	-0.071	0.008	-0.014	0.165	-0.188	-0.051	1							
HM	-0.372	-0.125	-0.077	0.051	0.012	-0.208	0.177	-0.212	-0.080	-0.171	-0.264	0.001	1						
SVH	-0.293	-0.048	0.204	-0.583**	-0.173	-0.082	-0.055	0.177	-0.435	-0.080	-0.124	-0.134	0.092	1					
HS	-0.069	-0.162	-0.128	-0.060	-0.382	-0.262	-0.167	-0.161	-0.324	-0.387	-0.136	0.294	-0.051	0.173	1				
OAH	0.269	-0.293	-0.116	0.385	0.182	0.068	0.129	-0.186	0.115	0.265	0.033	-0.400	-0.202	-0.288	-0.355	1			
HSr	-0.058	0.045	0.318	0.337	-0.202	-0.160	0.269	0.276	0.041	0.014	0.108	-0.313	0.033	0.018	-0.297	0.162	1		
PCL	-0.040	0.050	-0.210	0.064	0.218	0.331	0.439	0.084	-0.182	0.252	-0.313	0.132	0.140	0.107	0.145	-0.505*	0.269	1	
HW	-0.140	0.235	-0.048	-0.313	0.168	0.021	0.126	0.332	-0.061	0.191	-0.181	-0.475*	-0.101	0.176	-0.368	0.034	0.013	-0.061	1

*, ** significant at P < 0.05 or P < 0.01, respectively.

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵- بررسی برخی از ویژگی‌های کیفی رگه‌های مختلف کاهو.

Table 5. Evaluation of some qualitative characteristics of different lettuce lines.

شماره رگه Line No.	رنگ گل Color of flower	شدت آنتوسیانین گل Flower-anthocyanin-intensity	کرک‌های روی گریبابه پیچ Head-involucrum trichomes	تشکیل پیچ Head formation	تاول روی برگ‌های بالغ بیرونی Outer adult leaf –blistering	حاشیه برگ‌های بالغ Adult leaf-margin
R1	5	3	0	1	0	8
R2	5	3	0	1	0	9
R3	7	7	1	0	0	3
R4	5	3	0	1	3	8
R5	5	3	0	1	3	9
R6	5	3	0	1	3	3
R7	5	3	0	0	0	9
R8	5	3	0	1	7	2
R9	5	3	0	0	0	9
R10	3	5	1	1	7	7
R11	5	3	0	1	3	9
R12	5	3	0	0	3	4
R13	5	3	0	1	0	8
R14	5	3	0	1	7	2
R15	5	3	0	0	0	8
R16	5	3	0	1	0	3
R17	5	3	0	1	3	8
R18	5	3	0	1	0	3
R19	5	3	0	1	0	4
R20	5	3	0	0	0	8

جدول ۵- ادامه.

Table 5. Continued.

شماره رگه Line No.	رنگ برگ‌های بالغ بیرونی Outer adult leaf color	توزیع آنتوسیانین روی برگ‌های بالغ Adult leaf anthocyanin distribution	شدت آنتوسیانین برگ‌های جوان Young leaf anthocyanin-intensity	رنگ لپه Cotyledon color	رنگ فندقه Achene color
R1	2	0	3	7	3
R2	3	0	3	5	3
R3	5	3	7	3	7
R4	2	0	3	5	3
R5	2	0	3	5	4
R6	2	0	3	3	6
R7	3	0	3	3	2
R8	3	0	3	3	6
R9	3	0	3	5	3
R10	5	2	5	3	2
R11	3	0	3	7	5
R12	2	0	3	7	3
R13	3	0	3	5	3
R14	1	0	3	3	5
R15	3	0	3	5	4
R16	3	0	3	3	2
R17	2	0	3	5	2
R18	3	0	3	5	2
R19	2	0	3	5	3
R20	2	0	3	5	2

حاشیه برگ‌های بالغ: ۱- یکپارچه، ۲- کنگره‌دار ۳- مضرس ۴- مضرس مضاعف، ۵- مضرس خاردار، ۶- اره‌ای، ۷- اره‌ای مضاعف، ۸- مضرس نامنظم، ۹ جویده.

Adult leaf-margin : 1. Entire, 2. Crenate, 3. Dentate, 4. Double dentate, 5. Setose dentate, 6. Serrate, 7. Double serrate, 8. Irregularly dentate, 9. Nibbled.

تاول روی برگ‌های بالغ بیرونی: ۰- فاقد ۳- اندک، ۵- متوسط، ۷- شدید

Outer adult leaf –blistering: 0. None, 3. Slight, 5. Moderate, 7. Intense

تشکیل پیچ: ۰- عدم پیچ، ۱- دارای پیچ

Head formation: 0. Absent, 1. Present.

کرک‌های روی گریبانه پیچ: ۰- عدم کرک، ۱- دارای کرک

Head-Involucrum trichomes: 0. Absent, 1. Present

شدت آنتوسیانین گل: ۳- اندک، ۵- متوسط، ۷- شدید

Flower-anthocyanin-intensity of coloration: 3. Slight, 5. Moderate, 7. Intense

رنگ گل‌های گل آذین: 3- زرد کم رنگ، 5- زرد، 7- زرد تیره

Color of ligules: 3. Pale yellow, 5. Yellow, 7. Dark yellow

رنگ فندقه: ۱- سفید، 2- سفید خاکستری، 3- کرم، 4- خرمایی، 5- قهوه‌ای، 6- خاکستری، 7- سیاه

Achene color: 1. White, 2. Grey white, 3. Cream, 4. Maroon, 5. Brown, 6 Grey, 7. Black.

رنگ لپه: 3- سبز روشن، 5- سبز، 7- سبز تیره.

Cotyledon color: 3. Light color., 5. Green, 7. Dark green

شدت آنتوسیانین برگ‌های جوان: 3- کم، 5- متوسط، 7- شدید

Young leaf-anthocyanin intensity: 3. Slight, 5. Moderate, 7. Intense

توزیع آنتوسیانین روی برگ‌های بالغ: 0- عدم آنتوسیانین، 1- روی رگبرگ، 2- روی حاشیه برگ، 3- انتشار روی پهنک برگ، 4- به صورت نقطه‌هایی روی حاشیه پهنک برگ

Outer adult leaf anthocyanin distribution: 0. Absent, 1. On the veins, 3. Diffused in the entire lamina, 4. In spots on the entire lamina

رنگ برگ‌های بالغ بیرونی: 1- سبز زرد، 2- سبز، 3- سبز خاکستری، 4 سبز آبی، 5- قرمز و سبز

Outer adult leaf color: 1. Yellow green, 2. Green, 3. Grey green, 4. Blue green, 5. Red and green

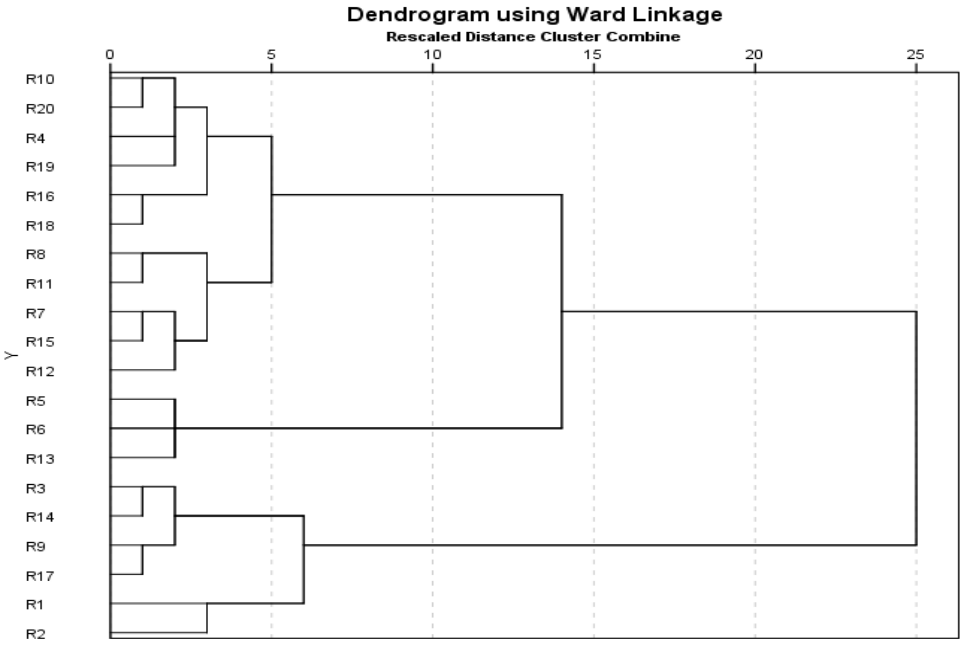

Fig. 1. Clustering of evaluated lettuce lines based on studied characteristics.

شکل ۱- دسته‌بندی رگه‌های کاهوی مورد ارزیابی بر اساس ویژگی‌های مورد بررسی.

نتیجه‌گیری

وزن بذر رگه‌های مورد بررسی در این پژوهش در محدوده کم تا متوسط طبقه بندی می‌شود. تفاوت قابل توجهی از نظر تعداد گل زبانه‌ای در گل در بین رگه‌های مورد ارزیابی مشاهده نشد. بیشتر رگه‌ها دارای رنگ برگ سبز و سبز خاکستری بودند. رگه‌های R10 و R3 دارای رنگ برگ "سبز و قرمز" بودند که می‌تواند جهت ایجاد تنوع رنگی در پژوهش‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند. رگه‌های R10 و R3 دارای میزان آنتوسیانین قابل توجهی روی برگ‌های جوان بودند که رگه R3 دارای بالاترین مقدار در بین رگه‌های مورد بررسی بود. در بیشتر موارد رگه‌هایی که پیچ تشکیل دادند، فاقد کرک روی گریبانه پیچ بودند و تنها رگه‌های R10 و R3 دارای این ویژگی یعنی تشکیل کرک روی گریبانه پیچ بودند. به جز رگه‌های R10 و R3 که به ترتیب دارای میزان متوسط و زیاد تولید آنتوسیانین در گل بودند دیگر رگه‌های مورد ارزیابی دارای میزان اندکی از این ماده بودند. به طور کلی در بین رگه‌های مورد بررسی رگه‌های R12 و R3 با ۴۴ و ۱۰۸ روز پس از کاشت به ترتیب به عنوان زودگل‌ترین و دیرگل‌ترین رگه‌های کاهو در این پژوهش بودند که می‌توان از رگه‌های زود گل در مناطق با هوای خنک و رگه‌های دیر گل برای مناطقی با هوای گرم استفاده نمود. از آنجا که ضریب تغییرات از واحد اندازه‌گیری ویژگی و یا دامنه تغییرهای آن تأثیر نمی‌گیرد از دیگر شاخص‌های تنوع اهمیت بیشتری دارد و می‌توان با اعتماد بیشتری انتخاب‌های مناسب را برای به‌نژادی ویژگی‌هایی که ضریب تغییرات بالاتری دارند، انجام داد. ویژگی تعداد شاخه‌های گل دهنده و عرض پیچ بالاترین ضریب تغییرات را داشت. بنابراین، می‌توان از این ویژگی‌ها در اصلاح کاهو استفاده نمود و انتخاب‌های مؤثری در بین نمونه‌های مورد مطالعه جهت بهبود و اصلاح این ویژگی‌ها انجام داد. هم‌چنین، کمترین ضریب تغییرات مربوط به ویژگی‌های تعداد روز از کاشت تا مرحله پیشرفته گلدهی و وزن پیچ بود که اصلاح این ویژگی‌ها نسبت به ویژگی‌های دیگر از راه گزینش در نمونه‌های مورد مطالعه با موفقیت کمتری همراه خواهد بود. نتیجه‌های این پژوهش می‌تواند به‌نژادگر را در دانستن ویژگی‌های کمی و کیفی رگه‌های مختلف کاهوی بومی و خارجی و تولید بذر دورگه با ویژگی‌های متفاوت یاری دهد.

منابع References

1. Aas, G., J. Maier, M. Baltisberger and S. Matzger. 1994. Morphology, isozyme variation, cytology,and reproduction of hybrids between *Sorbus aria* (L) Crantz and *S. torminalis*(L). Crantz, Helv. 104: 195-214.
2. Abedi-Kupai, J., N. Matin and M. Javaheri Tehrani. 2016. Cadmium absorption by three royal plants, lettuce and tomato in soil contaminated with cadmium. Greenh. Gases. 6: 41-52.
3. Adesso, S., G. Pepe, E. Sommella, M. Manfra, A. Scopa, A. Sofo, G.C. Tenore, M. Russo, Di.F. Gaudio and P. Campiglia. 2016. Anti-inflammatory and antioxidant activity of polyphenolic extracts from *Lactuca sativa* (var. Maravilla de Verano) under different farming methods. J. Sci. Food. Agri. 12: 4194-4206.
4. De-Vries, IM. 1997 Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. Genet Resour Crop Ev. 44: 165–174.
5. Duman, I., D.E. Siyok, and E. Duzyaman. 1995. Effect of presowing seed treatments on germination, emergence, yield and some quality properties in lettuce (*Lactuca sativa* L.) production. Age University of Agriculture, 32: 99-106.
6. Durst, CE. 1930 Inheritance in lettuce. Univ. Illinois Agri. Exp. Sta. Bull. 356.
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. FAOSTAT, production crops in FAO.

8. Kapoulas, N., A. Koukounaras and Z.S. Ilic. 2017. Nutritional quality of lettuce and onion as companion plants from organic and conventional production in north Greece. Sci. Hort. 219: 310-318.
9. Kim, M.J., Y. Moon, J.C. Tou, B. Mou and N.L. Waterland. 2016. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). J. Food Compost Anal. 49: 19-34.
10. Kristkova, E., I. Dolezalova, A. Lebeda, Vinter, V and A. Novotna. 2008. Description of morphological characters of lettuce (*Lactuca sativa* L.) genetic resources. Hort. Sci. 35: 113-129.
11. Lebeda, A., E.J. Ryder, R. Grube, I. Dolezalova and E. Kristkova. 2007. Lettuce, CRC Press, Tailor and Francis Group. 377-472.
12. Lebeda, A., I. Dolezalova and D. Astly. 2004. Representation of wild *Lactuca* spp. (Asteraceae, Lactaceae) in world genbank collections, Genet. Resour. Crop Ev. 51: 167-174.
13. Liu, L., Z. Liu, H. Chen, L. Zhou, Y. Liu and L. Luo. 2012. SRAP markers and morphological traits could be used in test of distinctiveness, uniformity, and stability (DUS) of lettuce (*Lactuca sativa*) varieties. J. Agric. Sci. 4(3): 227-236.
14. Mikel, M.A. 2007. Genealogy of contemporary North American lettuce. HortScience, 42: 489-493.
15. Mohammadi, M and M. Sayri. 2014. Effect of salicylic acid on growth characteristics, proline content, and antioxidant activity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in soil salinity. Int. J. Plant Prod. 13: 1-12.
16. Mousavi, S.H., N. Amoli, M.J. Zamani, S. Raayat-Panah, S. Rohani and. M.R. Bihamta. 2012. Study of quantitative and qualitative traits in some of domestic, and commercial Iranian lettuce genotypes. Ann. Biol. Res. 3(9): 4352-4361.
17. Mou, B. 2008. Lettuce. pp. 75-116. In: Prohens, J., and F. Nuez, (eds.) Handbook of plant breeding. Vegetables I. Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae and Cucurbitaceae. Springer Science, New York, USA.
18. Mousavi, S.H., R. Chogan, N.A. Sepahvand and A.A. Ganbari. 2015. Genetic diversity of iranian lettuce genotypes based on RAPD markers. J. Seed. Plant Seedlings, 30(1): 1-30.
19. Nicolle, C., N. Cardinault, E. Gueux, L. Jaffrel, E. Rock, A. Mazur, P. Amouroux and C. Remesy. 2004. Health effect of vegetable-based diet: lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. Eur. J. Clin. Nutr. 23: 605-614.
20. Olfati, J.A., G.A. Pyvast, H. Samizadeh, B. Rabiei and S.A. Khodaparast. 2010. Estimation of public and private heterogeneity of a number of cucumber lines for the quality of fruit through incomplete intercourse. Hort. J. 26: 350-357.
21. Shim, C.K., M.J. Kim, Y.K. Kim and H.J. Jee. 2014. Evaluation of lettuce germplasm resistance to gray mold disease for organic cultivations. Int. J. Plant Pathol. 30(1): 90-95.

22. Sofo, A., B. Lundegardh, A. Martensson, M. Manfra, G. Pepe, E. Sommella, M. De-Nisco, G.C. Tenore, P. Campiglia and A. Scopa. 2016. Different agronomic and fertilization systems affect polyphenolic profile, antioxidant capacity and mineral composition of lettuce. Sci. Hort. 204: 106-115.

23. Tudela, J.A., N. Hernandez, A. Perez-Vicente and M.I. Gil. 2017. Growing season climates affect quality of fresh-cut lettuce. Postharvest Biol Tec. 123: 60-68.

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 22 (2): 175-188 (2021)
Research article

Evaluation of Genetic Diversity in Some Lettuce Lines According to the Morphological and Phenological Characteristics

M.R. Rezaee, Y. Hamidoghli*, J.A. Olfati, A. Aalami and A.K. Zakeri[1]

In this research, 16 local and 4 imported lines were evaluated using morphological and phonological characteristics via lettuce descriptor in a completely randomized design block with 3 replicates at University of Guilan. Results indicated that there is a high variability in local lettuce lines. Imported lines, in comparison to local lines, had significant differences in the most evaluated traits. These differences could be considered in breeding. According to flowering time, evaluated lettuce lines ranked in three groups, including early, moderate and late flowering. Head weight ranged from 906.33 g (line 84-96-TN) to 284.33 g (line Sheikh-Aboud) and their differences were significant at $P \leq 0.01$. There are high genetically variations between lettuce lines. The differences between lettuce lines were significant for quantitative traits. Cluster analysis based on quantitative and qualitative characteristics was conducted separately. Evaluated lines were ranked into 3 groups based on quantitative and qualitative characteristics. Differences in cluster analysis between quantitative and qualitative traits were observed. These differences could be considered in crosses, breeding works, and hybrid seed production with different characteristics.

Keywords: Breeding, Cluster analysis, Flowering, Hybrid.

1. Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences, University Campus2, University of Guilan, Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Associate Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Research Assistant Professor, Fars Agricultural & Natural Resources Research & Education Center, Shiraz, Iran, respectively.

* Corresponding Author, Email: (hamidoghli@gmail.com).