نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص. ۴۹۷-۴۸۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.3, Fall 2019, P. 481-497
ISSN: 2008 - 4730

بررسی تنوع ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی، و تجزیه علیت عملکرد سوخ و میزان آلیسین توده های محلی سیر ایرانی در منطقه همدان

محمد حسین عالم خومرام [۱]- امیرحسین کشت‌کار [۲*]- اصغر میرزایی اصل [۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۸

چکیده

سیر ایران از کیفیت عطر و طعم خوبی برخوردار است، ولی تا به امروز به جز رقم مازند که مناسب مازندران است، رقم بومی دیگری از سیر اصلاح و معرفی نشده است. به منظور شناسایی پربازده‌ترین توده‌های محلی برای اصلاح و معرفی رقم مناسب شرایط آب و هوایی همدان، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ آزمایشی بر روی ۱۸ توده محلی مختلف در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی همدان اجرا شد. نه توده از مناطق کشت سیر استان همدان و نه توده از سایر استان‌های سیرکار کشور انتخاب گردیدند. توده‌های محلی از نظر ۳۳ صفت مهم زراعی-مورفولوژیکی از جمله عملکرد سوخ؛ و میزان اسیدپیرووویک کل (مجموع اسید پیرووویک حاصل از فعالیت‌های آنزیمی و غیرآنزیمی)، میزان اسید پیرووویک غیرآنزیمی، میزان اسید پیرووویک آنزیمی و میزان آلیسین مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این بررسی نشان داد که صفات مورد بررسی توده‌های محلی کشور از تنوع بالایی برخوردارند که لازمه برنامه‌های اصلاحی است و همچنین معرفی توده‌ها به مناطق دیگر می‌تواند با نتایج مطلوب همراه باشد. چنانکه از نه توده محلی غیر بومی همدان سه توده محلی ارومیه، اراک و بردسیر کرمان در شرایط آب و هوایی همدان تولید قابل قبول داشتند. توده‌های محلی ارومیه، سولان و حیدره بر اساس عملکرد سوخ، اسید پیرووویک آنزیمی و رابطه مولی دو به یک آن با آلیسین بیشترین ماده عطر و طعم-دهنده آلیسین را در هکتار تولید کردند. صفات وزن سوخ به طور مستقیم و قطر یقه به طور غیرمستقیم از طریق وزن سوخ، با عملکرد سوخ و صفات شاخص سطح برگ، شاخص برداشت، وزن خشک برگ بوته و قطر سوخ با میزان آلیسین تولیدی ارتباط معنی‌دار بالایی نشان دادند. بر اساس تجزیه خوشه‌ای توده‌ها به دو گروه اصلی مناسب و نامناسب کشت در همدان تقسیم شده که گروه مناسب کشت در همدان خود به چهار زیرگروه سه تایی تقسیم شد. خوشه‌بندی امکان کاهش هزینه‌های حفظ منابع ژنتیکی سیر را با کم کردن میزان مواد نگهداری شده با حداقل افت تنوع صفات، فراهم می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: اسید پیرووویک، تجزیه خوشه‌ای، تنوع ژنتیکی، رگرسیون گام به گام، سیر

مقدمه

سیر بومی مناطق مرکزی آسیا می‌باشد (۱۹) و قریب به ۳۰۰۰ سال پیش اهلی شده است (۲۹). طی یک دوره ۲۴ ساله (۲۰۱۳ – ۱۹۸۹) تولید و مصرف جهانی سیر به چهار برابر افزایش یافته است (۱۴). سطح زیر کشت این گیاه درکشور حدود ۹۰۰۰ هکتار با متوسط عملکرد ۱۰ تن در هکتار است. در حالی‌که متوسط عملکرد جهانی سیر ۱۷ تن در هکتار و متوسط عملکرد در کشور ازبکستان ۳۹ تن در هکتار می‌باشد (۱۴). ترکیب‌های گوگردی سیر سبب عطر و طعم و خواص دارویی و آنتی بیوتیکی آن است (۵). پیش‌ماده عطر و طعم دهنده سیر آلیین[۴] ($C_6H_{11}NO_3S$) با وزن ملکولی ۱۷۷/۲۲ گرم بر مول است که ظرف چند دقیقه دو مول آن تحت تاثیر آنزیم آلیناز، یک مول آلیسین ($C_6H_{10}OS_2$) با وزن ملکولی ۱۶۲/۲۶ گرم بر مول، دو مول اسید پیرووویک ($C_3H_4O_3$) و دو مول آمونیاک (NH_3) تولید می‌کند (۳۲). یک میلی‌گرم آلیین معادل ۰/۴۵۸ میلی‌گرم آلیسین است. به منظور استفاده تجاری و اقتصادی از سیر مقدار آلیسین سیر و

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه آموزشی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: akesht@gmail.com)
۳- دانشیار گروه آموزشی بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v33i3.77676

4- Alliin

فرآورده‌های آن نباید کمتر از ۴/۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر (۰/۴۵ درصد) باشد (۱۳) که این مقدار معادل ۵۵/۴۷ میکرومول اسید پیرووویک بر گرم سیر تازه است.

مهم‌ترین عامل پایین بودن و عدم رشد تولید داخلی، نبود ارقام اصلاح شده است. تنها رقم سیر ایرانی در سال ۱۳۸۱ به نام مازند به ثبت رسیده است. عملکرد متوسط، تولید کل و تعداد ارقام جدید سیر در مقیاس جهانی در حال افزایش است (۸). سیر زراعی کاملا عقیم است (۲۳)، و تکثیر آن به روش غیر جنسی و وقوع تنوع در آن به جهش‌های تصادفی، القایی و تنوع سوماکلونال محدود می‌شود. ارقام زراعی جدید سیر تنها از طریق انتخات، از بین تنوع موجود تولید می‌شوند (۲۳). سال‌های طولانی کشت و کار توده‌های بومی سیر در کشور موجب تجمع جهش‌های تصادفی شده است. این تنوع موجود در توده‌های محلی واجد پتانسیل باارزشی است که با استفاده از روش‌های علمی اصلاح می‌توان رقم (ارقام) واجد عملکرد کمی (تولید در هکتار) و کیفی (درصد آلیسین) برتر تولید نمود.

اولین قدم در هر برنامه اصلاحی جمع‌آوری ژرم پلاسم گیاهی با تنوع ژنتیکی می‌باشد که انتخاب مناسب از داخل آن صورت می‌گیرد. تکثیر سیر غیرجنسی است. خصوصیات مورفولوژیکی سوخ‌ها، تعداد و اندازه برگ‌ها، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، تعداد پوسته‌های سوخ، واکنش به دما، خواب سوخ، کیفیت نگهداری و طول دوره رویشی و رسیدگی به طور ژنتیکی کنترل می‌شوند و این صفات پلی‌ژنتیک هستند (۱۸). وراثت پذیری صفات تعداد سیرچه (حبه) در سوخ و وزن سیرچه بالا است. با مطالعه تنوع ژنتیکی و همبستگی صفات، سیرهای تیپ سفید آرژانتینی به سه دسته با عملکرد زیاد، متوسط و پایین گروه بندی شده‌اند (۲۵). در داخل کلون‌های سیر برای زمان سوخ‌دهی تنوع فنوتیپی و برای دوره نوری و درجه حرارت تنوع ژنتیکی بالایی مشاهده شده است (۱۰). از نظر دوره خواب بین کلون‌ها اختلاف زیادی گزارش شده است و کلون‌هایی که از چرخه زندگی کوتاه‌تری برخوردارند عملکردشان پایین است (۱۵). کاشت سیرچه‌های درشت نه تنها در افزایش عملکرد بلکه روی کیفیت سیر هم تأثیر مثبت دارد (۲۲).

برای اندازه‌گیری ترکیب‌های عطر و طعم دهنده سیر، می‌توان آلیسین را بطور مستقیم با روش‌های کروماتوگرافی؛ و یا غیرمستقیم، اسید پیرووویک آنزیمی را که ناشی از تجزیه آنزیمی ترکیب‌های عطر و طعم دهنده سیر است، به روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری نمود. اسید پیرووویک با ترکیب‌های عطر و طعم دهنده سیر همبستگی بالایی دارد (۳۵).

در بررسی اثر وزن سیرچه‌های بذری روی مقدار پیرووات آنزیمی در دو توده محلی سیر همدان (توده‌های علی‌آباد و حیدره)، مشخص شده است که با افزایش وزن سیرچه‌های بذری، مقدار ترکیب‌های عطر و طعم دهنده افزایش می‌یابد، به طوری که با انتخاب و کاشت سیرچه‌های بذری بزرگ‌تر از چهار گرم، می‌توان مقدار ترکیب‌های عطر و طعم دهنده را در واحد سطح مزرعه افزایش داد (۴). در مطالعه ۲۰۰ نمونه سیر از قسمت شرقی استرالیا، مقدار آلیسین در محدوده نیم تا نه میلی‌گرم بر گرم وزن تر ارزیابی شده است و مقدار آلیسین ۵۰ درصد نمونه‌ها بالاتر از حد دارویی قرار داشت (۱۱). قبل از این مطالعه بالاترین مقدار آلیسین متعلق به رقم‌های رومانین‌رد[1] از نیویورک (۲۱) و اسپانیش رخه[2] از آمریکا و لائوتوکسو[3] از چین (۲۴) به ترتیب با ۷/۷، ۷/۶ و ۶/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر بوده است (۷). در مطالعه واریته‌های سیر آرژانتینی اختلاف مقادیر آلیسین معنی‌دار گزارش شده است (۲۸). در این مطالعه به منظور شناسایی و انتخاب پربازده‌ترین توده‌های محلی سیر جهت اصلاح و معرفی رقم یا ارقام مناسب کشت در منطقه همدان، ۱۸ توده محلی سیر از نظر صفات زراعی و مورفولوژیکی مختلف از جمله عملکرد سوخ؛ میزان اسید پیرووویک کل، میزان اسید پیرووویک آنزیمی، میزان اسید پیرووویک غیر آنزیمی و میزان آلیسین مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مرکز تحقیقات کشاورزی همدان واقع در ۶ کیلومتری شمال شهر همدان با مشخصات ۱۷۴۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. بافت خاک محل آزمایش با ۲۴/۴، ۴۰/۶ و ۳۵ درصد به ترتیب رس، لای و شن لومی بود. عملیات خاک‌ورزی شامل شخم با گاوآهن برگرداندار، دیسک، ماله و ایجاد جوی و پشته به عرض ۵۰ سانتی‌متر بود. نه توده محلی همدان شامل مناطق مریانج، بهار، شورین، سولان، تویسرکان، حیدره، توئین، حسین‌آباد و علی‌آباد؛ و نه توده محلی از نه استان دیگر، شامل گرگان(گلستان)، ارومیه (آذربایجان غربی)، اراک (مرکزی)، بردسیر (کرمان)، آمل (مازندران)، رامهرمز (خوزستان)، اصفهان (اصفهان)، طارم (زنجان) و زابل (سیستان) مورد بررسی قرار گرفتند (شکل‌های ۱ و ۲). هر کرت آزمایشی شامل دو پشته چهار متری با دو ردیف کاشت روی هر پشته بود. فاصله ردیف‌ها روی پشته از هم ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها از هم روی خطوط کشت ۱۰ سانتی‌متر بود (تراکم ۴۰ بوته در متر مربع). کشت در تاریخ ۲۶ آبان انجام شد و در۲۷ و ۲۸ آبان به ترتیب با ۱۹ و ۹/۹ میلی‌متر بارش اولین آبیاری انجام و در طول فصل پاییز و زمستان کلیه نیاز آبی از طریق نزولات

1- Romanian Red
2- Spanish Roja
3- Laotouxu

جوی تامین شد. توده‌های مختلف از تاریخ ۲۱ تا ۲۵ اسفند سبز شدند. با شروع فصل بهار و رویش مجدد سیستم آبیاری تحت فشار تیپ در مزرعه نصب و بسته به شدت گرمای هوا هر هفت تا ۱۰ روز یک بار تا ۱۵ خرداد مزرعه آبیاری شد. برداشت توده‌های مختلف از ۴ تیر تا ۱۵ تیر به صورت دستی انجام شد. صفات مورد ارزیابی کرت عبارت بودند از: وزن ۳۰ سیرچه (حبه) بذری، تاریخ سبز شدن و رسیدگی، تعداد بوته در هر کرت، میزان کلروفیل a و b و کاروتنوئیدهای برگ به روش آزمایشگاهی (۲) و شاخص کلروفیل کل با دستگاه SPAD، محتوای نسبی آب برگ RWC (۳۰)، عملکرد سوخ، وزن ۳۰ حبه تولید شده، اسید پیرووییک کل و غیرآنزیمی (۲۰)، و صفات مورد ارزیابی پنج بوته تصادفی نرمال (بوته سالمی که در دو طرف آن روی خط کشت و در نقاط مقابل بر روی خطوط کشت مجاور بوته سالم باشد) از هر کرت عبارت بودند از: ارتفاع، قطر یقه و تعداد برگ موجود و افتاده، طول و عرض و سطح برگ، وزن خشک برگ‌ها و ریشه (به شعاع پنج سانتی‌متر اطراف سوخ) بوته، ارتفاع و طول و عرض و وزن سوخ، وزن ماده خشک سوخ، تعداد پوسته، تعداد و وزن سیرچه، درصد ماده خشک (۲۶). صفاتی که بر اساس محاسبات بر روی صفات اندازه‌گیری شده بدست آمدند عبارت بودند از: درصد رطوبت سوخ، شاخص سطح برگ، مجموع کلروفیل a و b و کل، درصد افت وزنی حبه کردن، شاخص برداشت، ضریب کرویت[1] سوخ، تعداد کل برگ بوته، تعداد روز از سبز شدن تا رسیدگی، اسید پیرووییک آنزیمی و آلیسین. اندازه‌گیری‌ها صفات طبق "توصیف‌نامه گونه‌های جنس آلیوم" (۱۶) ارزیابی شدند. برای اندازه‌گیری اسید پیرووییک ۲۵ گرم حبه با ۲۵ میلی‌لیتر آب به طور یکنواخت مخلوط و پس از ده دقیقه از کاغذ صافی عبور داده شد. ۱۰ میلی لیتر از عصاره صاف شده را به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده به نیم میلی‌لیتر از عصاره صاف و رقیق شده ۱/۵ میلی‌لیتر محلول پنج درصد تری‌کلرواستیک اسید[2] و پس از یک ساعت ۱۸ میلی‌لیتر آب افزده شد. سپس یک میلی‌لیتر از محلول حاصل را به لوله آزمایش منتقل کرده (یک میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های استاندارد نیز به لوله‌های آزمایش جداگانه منتقل شد)، یک میلی‌لیتر آب و یک میلی‌لیتر معرف دی‌نیتروفنیل‌هیدرازین[3] ۰/۰۱۲۵٪ به هر یک از آنها افزوده برای مدت ده دقیقه در بن ماری ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و در پایان با افزودن پنج میلی‌لیتر سود ۰/۶ نرمال به لوله‌های آزمایش در حضور محلول‌های استاندارد ۰/۰۱، ۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ میکرومول بر میلی‌لیتر پیرووات سدیم، غلظت نمونه‌های آزمایشی در طول موج ۴۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر فارماسیا بیوتک[4] مدل نوواسپک ۲[5] اندازه‌گیری شد.

برای غیرفعال کردن آنزیم آلیناز جهت تعیین پیرووات غیرآنزیمی حبه‌های سیر در ابتدا در نمونه‌های ۴۰ تا ۶۰ گرمی توسط ماکروفر به ازای هر گرم وزن نمونه سه ثانیه (۱۲۰ تا ۱۸۰ ثانیه) تیمار حرارتی با توان ۹۰۰ وات شدند.

جهت پی بردن به ارتباط بین متغیرها، ضرایب همبستگی بین آنها محاسبه شد. بررسی روابط بین صفات با عملکرد سوخ و آلیسین توسط روش رگرسیون گام به گام انجام گرفت. روابط علت و معلولی، و اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر روی عملکرد سوخ و آلیسین با تجزیه علیت مشخص گردید.

تجزیه واریانس، مقایسه میانگین صفات (روش LSD در سطح احتمال یک درصد)، تعیین همبستگی‌ها و تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه خوشه‌ای با نرم‌افزار Minitab نسخه‌های ۱۷,۳,۱و ۱۹,۱، تجزیه علیت با صفحه‌گستر Excel نسخه ۲۰۰۳ و رسم گراف‌ها با Word نسخه ۲۰۰۳ انجام شد.

نتایج و بحث

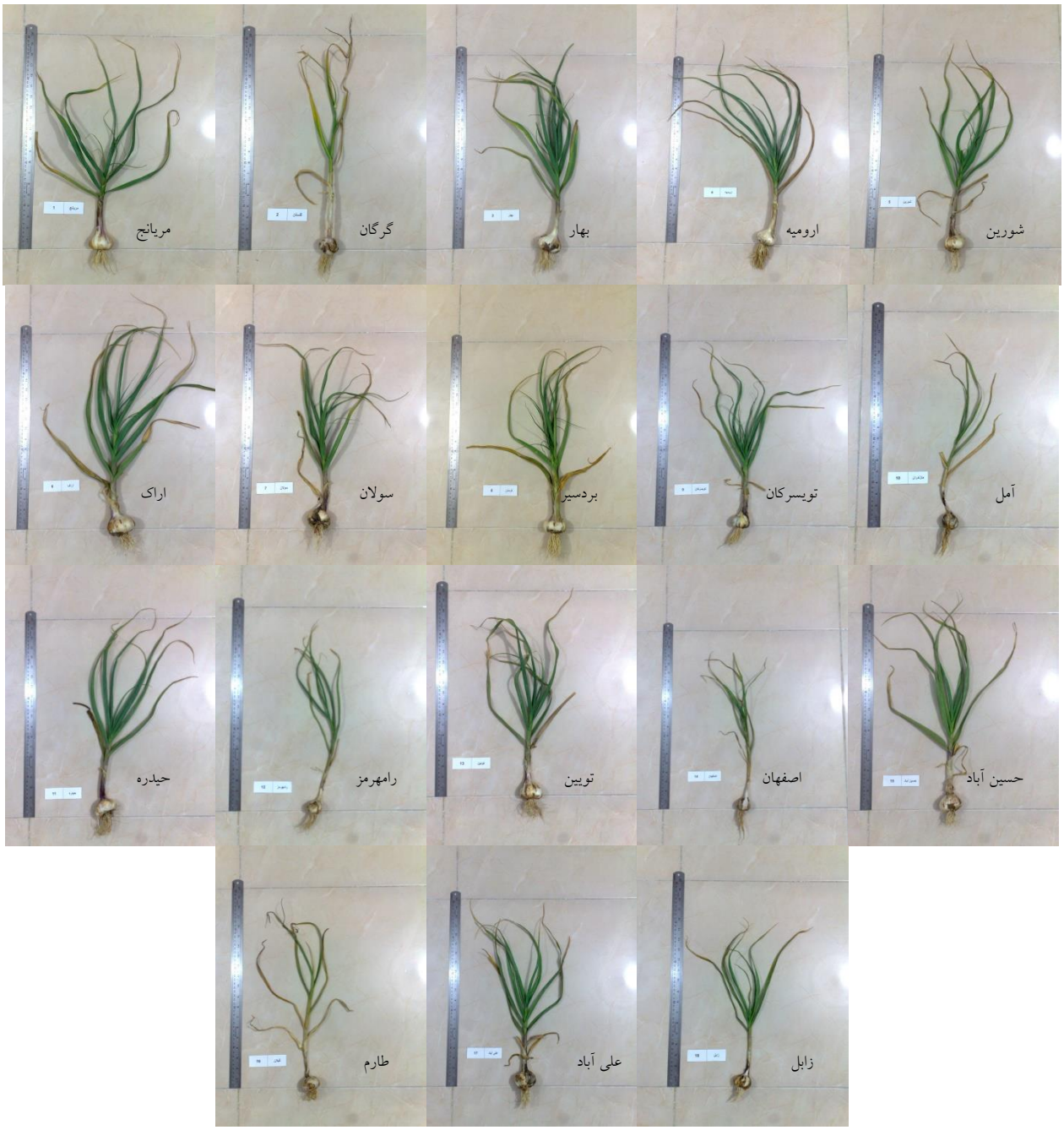
کلیه صفات به غیر از تعداد بوته در هکتار در سطح احتمال یک درصد اختلاف خیلی معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱). مقایسه میانگین (جدول ۲) کلیه صفات را در تعداد گروه‌های قابل توجهی گروه‌بندی نمود که تاییدی بر وجود تنوع بالای موجود در توده‌های محلی سیر ایرانی است. تنوع بالا در توده‌های محلی سیر توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۲، ۳۳ و ۳۴). ضریب تغییرات، و حداکثر و حداقل صفات به ترتیب در جداول ۱ و ۲ با قلم ضخیم مشخص شده‌اند.

جمع‌آوری گسترده، ارزیابی و حفظ تنوع که اولین قدم در برنامه-های اصلاحی می‌باشد، لازم الاجراست. این امر در جمهوری چک از سال ۱۹۵۱ آغاز شده است و اکنون ژرم‌پلاسم آن‌ها شامل ۶۱۳ ژنوتیپ است (۳۱). چینی‌ها ژرم پلاسمی شامل ۱۴۸ نمونه سیر دارند که از مناطق با شرایط آب و هوایی متنوع جمع‌آوری و یا با انجام گزینش‌های طبیعی و مصنوعی تهیه شده‌اند (۳۶). در بلغارستان ژرم پلاسم سیرهای فاقد ساقه‌ی گل‌دهنده نگهداری می‌شود (۹).

مهم‌ترین صفات اقتصادی عملکرد سوخ (صفت کمی) و میزان آلیسین (صفت کیفی) می‌باشند. محتوای مولی آلیسین نصف محتوای مولی اسید پیرووییک آنزیمی در سیر است (۳۲). توده محلی سولان با ۱۲۰۹۰ و توده محلی رامهرمز با ۲۰۵۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد سوخ را تولید کردند. بهبود ژنتیکی توده‌ها و تولید و تکثیر ارقام پربازده بین زارعین از اهمیت فراوانی برخوردار است. دو دهه قبل فقط دو توده محلی (قرمز و سفید) با تنوع ژنتیکی

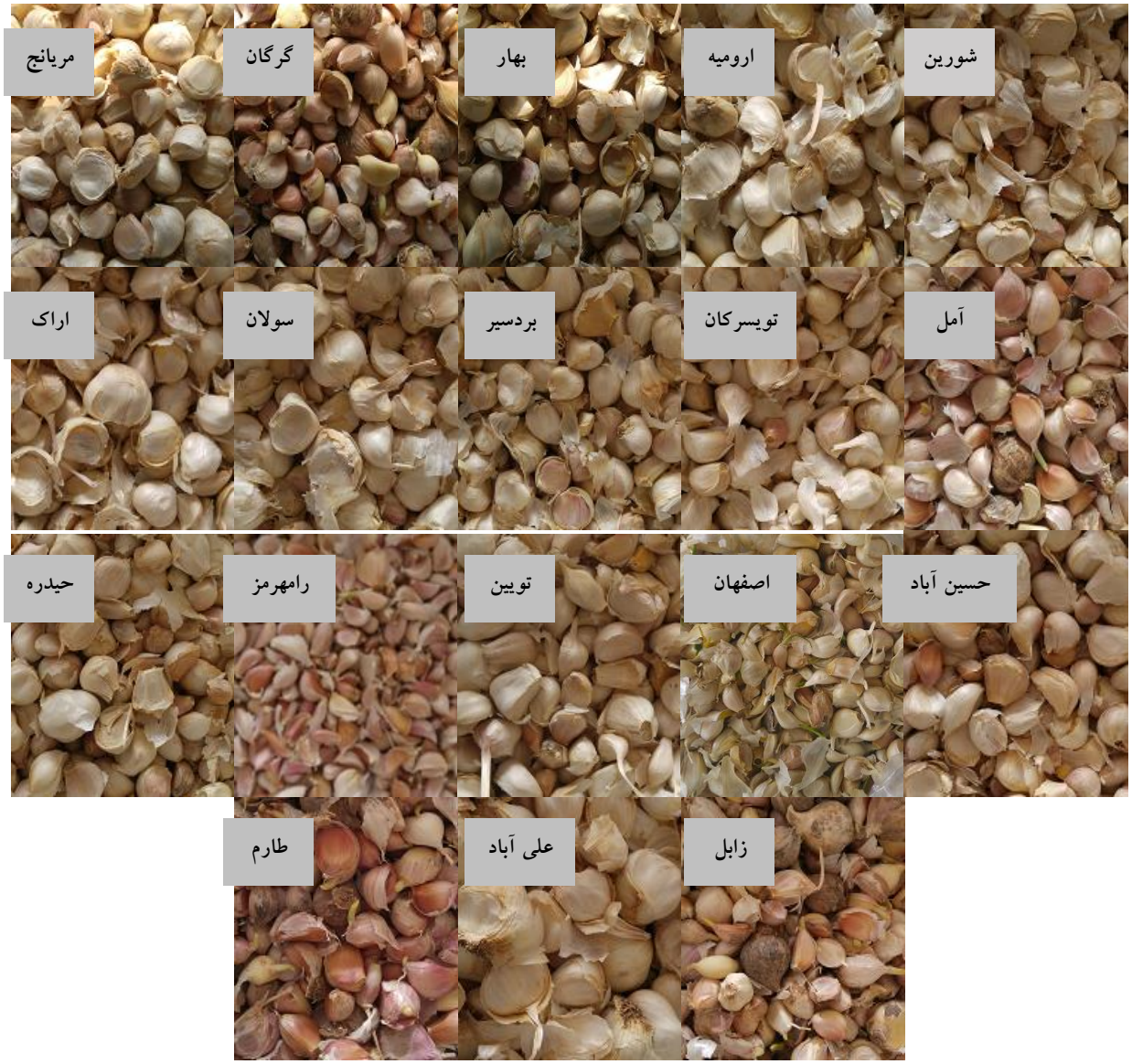
1- Sphericity Coefficient
2- Tricholoro acetic acid
3- Dinitrophenyl hydrazine (DNPH)
4- Pharmacia biotech
5- Novaspec II

زیاد از تولیدات مهم آرژانتین بوده است ولی در حال حاضر ۱۲ کلون از ۵ نوع تجارتی سیر در این کشور اصلاح و سازگار شده‌اند. همه این کلون‌ها که نیازمند دمای معتدل یا سرد هستند، ۳۰ تا ۵۰ درصد بیشتر از توده‌های محلی عملکرد دارند و بازار خارجی گسترده‌ای پیدا کرده‌اند (۶). توده‌های محلی ارومیه، مریانج و علی‌آباد به ترتیب با ۵۷/۰۱، ۵۶/۳۵ و ۵۵/۳۹ میکرو مول بر گرم سیر تازه بیشترین اسید پیرووییک آنزیمی را دارند و از لحاظ دارویی اندکی بیشتر از حد دارویی آلیسین تولید می‌کنند.



شکل ۱– بوته کامل ۱۸ توده بومی سیر ایرانی

Figure 1– Complete plant of 18 landraces of Iranian garlic



شکل ۲– حبه بذری ۱۸ توده بومی سیر ایرانی

Figure 2– Seed clove of 18 landraces of Iranian garlic

ولی مقدار آلیسین سایر توده‌ها پایین‌تر از حد دارویی قرار گرفتند. توده محلی اصفهان با ۳۱ میکرومول بر گرم سیر تازه کمترین اسید پیرووویک آنزیمی و در نتیجه آلیسین را تولید نمود. در این تحقیق برخلاف نتایج بعضی از محققان (۳، ۲۷ و ۱) اکثر توده‌های محلی در محدوده دارویی قرار نگرفتند. در بررسی ده اکوتیپ سیر همدانی (۱) مقدار اسید پیرووویک کل در توده‌های شورین و تویین بالای ۸۰؛ برفجین، موئین، علی‌آباد، بهار و سولان بین ۷۵ تا ۸۰ و توده‌های محلی تویسرکان، مریانج و حیدره کمتر از ۷۵ میکرومول بر گرم سیر تازه بدست آمد. مقدار آلیسین در ارقام و توده‌های سیر به عوامل مهمی مانند سازگاری ژنتیکی هر رقم یا توده با منطقه‌ای که در آن رشد می‌کند، بستگی دارد. مدیریت مزرعه و عوامل تغذیه‌ای هم مقدار آلیسین تولیدی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به طوری که با استفاده از مکمل‌های غذایی، مقدار آلیسین تا ۳۵ درصد در طی رشد گیاه افزایش می‌یابد (۱۱). عملیات پس از برداشت سیر نیز در حفظ یا افت ترکیب‌های عطر و طعم دهنده سیر اثر دارد. همچنین میزان اسید پیرووویک اندازه‌گیری شده رابطه مستقیم با فاصله زمانی برداشت تا انجام آزمایش دارد و با شروع جوانه‌زنی این مقدار کاهش معنی‌داری می‌یابد. بنابراین اختلاف نتایج در این تحقیق با نتایج سایر محققین می‌تواند مربوط به اثرات محیطی یا اختلاف ژنتیکی توده‌های مورد بررسی علیرغم نام مشترک یا فاصله زمانی متفاوت بین برداشت مزرعه تا انجام آزمایش و یا ترکیبی از همه این موارد باشد (۱۱).

جدول ۱- میانگین مربعات صفات

Table 1- Mean square of traits

میانگین مربعات S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد بوته در کرت Number of plant / plot		وزن ۳۰ حبه بذری Weight of 30 seed clove		عملکرد Yield		وزن سوخ تر Weight of fresh bulb		وزن سوخ خشک شده Weight of dried bulb		درصد رطوبت سوخ Bulb moisture (%)		شاخص سطح برگ LAI		کلروفیل آ Chlorophyll a		کلروفیل ب Chlorophyll b		کلروفیل کل Total Chlorophyll		کاروتنوئیدها Carotenoids	
بلوک Block	3	8.161	ns	131.29	ns	5239058.14	**	1.83	ns	2.59	ns	0.00073	**	0.025	*	0.00005	ns	0.00077	*	0.00079	ns	0.0018	**
توده محلی Landrace	17	26.46	ns	7333.15	**	29121667.31	**	503.29	**	61.06	**	0.0048	**	1.44	**	0.0018	**	0.0048	**	0.0117	**	0.0025	**
خطا Error	51	28.84		152.88		386460		8.12		1.46		0.0004		0.008		0.000062		0.00023		0.00035		0.00022	
ضریب تغییرات CV (%)	-	**3.59**		**11.24**		**6.53**		**7.63**		**8.43**		**1.80**		**6.97**		**0.95**		**4.81**		**1.64**		**1.50**	
میانگین مربعات S.O.V	درجه آزادی d.f	رنگدانه کل Total pigment		شاخص اسپد SPAD index		درصد افت وزنی حبه کردن %Loss weight of cuddle		وزن ۳۰ حبه تولید شده Weight of 30 clove produced		وزن خشک برگ بوته Dry weight of plant leaf		وزن خشک ریشه بوته Dry weight of plant root		شاخص برداشت سوخ Bulb HI		قطر سوخ Bulb diameter		طول سوخ Bulb length		ضریب کرویت Sphericity coefficient		عرض سوخ Bulb width	
بلوک Block	3	0.028	*	2.34	ns	0.00003	ns	68.08	ns	0.44	**	0.0029	*	11.33	*	0.82	ns	1.31	ns	0.000083	ns	8.24	*
توده محلی Landrace	17	0.0204	**	55.3	**	0.0046	**	7395.19	**	8.72	**	0.055	**	59.34	**	24.05	**	287.97	**	0.0067	**	153.42	**
خطا Error	51	0.00073		3.63		0.000093		69.96		0.054		0.0009		3.7		0.86		4.42		0.0004		2.56	
ضریب تغییرات CV (%)	-	**1.27**		**3.34**		**11.08**		**7.07**		**5.82**		**10.56**		**2.48**		**2.89**		**4.02**		**2.52**		**3.57**	

ns و * و ** به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** non- significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۱ – میانگین مربعات صفات (ادامه)

Table 1– Mean square of traits (continued)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f.	تعداد پیه Number of layer	تعداد حبه Number of clove	وزن حبه Weight of clove	قطر پیه Diameter crown	ارتفاع گیاه Height plant	تعداد برگ سبز Number of leaf	تعداد برگ افتاده Leaf number of fallen	تعداد کل برگ Leaf total	تعداد روز تا سبز شدن Days to germination	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد روز از سبز شدن تا رسیدگی to Days from germination maturity
بلوک Block	3	0.069^{ns}	0.2^{ns}	0.28^{ns}	2.01^{ns}	10.38^{ns}	2.49**	0.17**	2.5**	0.54^{ns}	6.29**	3.95*
توده محلی Landrace	17	1.73**	10.44**	11.06**	69.89**	66.72**	6.91**	0.84**	4.81**	3.44**	68.01**	68.04**
خطا Error	51	0.038	0.29	0.3	0.78	5.18	0.31	0.038	0.37	0.35	0.72	1.22
ضریب تغییرات CV (%)	-	**5.55**	**7.21**	**11.42**	**6.59**	**3.47**	**6.89**	**12.13**	**6.28**	**0.51**	**0.38**	**1.00**

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f.	محتوای رطوبت نسبی برگ RWC	اسید پیروویک آنزیمی Acid Pyruvic enzymatic	اسید پیروویک غیر آنزیمی Pyruvic nonenzymatic	اسید پیروویک کل Acid Pyruvic total	تیوسولفینات آلیسین Allicin
بلوک Block	3	1.11^{ns}				
توده محلی Landrace	17	41.48**	4.12^{ns}	0.0256^{ns}	3.59^{ns}	176.21**
خطا Error	51	2.29	152.39**	0.23**	146.07**	523.89**
ضریب تغییرات CV (%)	–	**2.26**	2.263	0.013	2.309	8.96
			3.128	**9.326**	**3.082**	**7.84**

ns و * و ** به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** non- significant, significant at the 5% and 1% levels of probability , respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات

Table 2– Mean comparison of traits

صفت Trait	وزن صد عدد بذر ۳۰ گلرنگ Clove Seed weight of 30 (g)	عملکرد Yield (kg/ha)	وزن تر بوته Bulb weight of fresh (g)	وزن خشک بوته Bulb weight of dry (g)	درصد رطوبت بوته Moisture bulb (%)	شاخص سطح برگ LAI	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g)	کاروتنوئیدها Carotenoids (mg/g)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/g)	رنگدانه کل Total pigment (mg/g)	شاخص اسپد SPAD index
1- Maryanaj مریانج	122^{ef}	10861^{bcde}	45^{abcd}	16.9^{abcd}	63^{abc}	1.5^{de}	0.82^{fgh}	0.31^{efg}	0.98^{bcde}	1.13^{de}	2.1^{de}	61^{ab}
2 - Gorgan گرگان	64^{gh}	7459^{f}	29^{fg}	10.5^{h}	$\mathbf{64^{a}}$	0.55^{f}	0.81^{hi}	0.28^{h}	1.00^{abc}	1.008^{f}	2.1^{ef}	52^{hi}
3 - Bahar بهار	142^{bcde}	11165^{abcd}	48^{ab}	18.2^{ab}	62^{abc}	1.8^{abc}	0.84^{cde}	0.36^{ab}	1.01^{ab}	1.20^{ab}	2.2^{ab}	59^{bcde}
4 - Oromyeh اورمیه	124^{ef}	10866^{bcde}	42^{cde}	16^{bcde}	61^{bc}	1.6^{cd}	$\mathbf{0.86^{a}}$	$\mathbf{0.37^{a}}$	$\mathbf{1.01^{a}}$	$\mathbf{1.23^{a}}$	$\mathbf{2.2^{a}}$	$\mathbf{63^{a}}$
5 - Sheverin شورین	124^{ef}	11685^{abc}	41^{de}	15.3^{def}	63^{ab}	1.7^{cd}	0.83^{def}	0.36^{ab}	1.00^{abc}	1.19^{b}	2.2^{ab}	58^{bcde}
6 - Arak اراک	113^{f}	9941^{e}	43^{bcde}	15.9^{cde}	63^{abc}	1.8^{ab}	0.84^{bcde}	0.33^{cde}	1.00^{abc}	1.16^{bc}	2.2^{bcd}	57^{def}
7 - Soolan سولان	151^{bc}	$\mathbf{12090^{a}}$	45^{abcd}	16.1^{bcde}	$\mathbf{64^{a}}$	1.7^{c}	0.82^{efg}	0.31^{def}	0.99^{abcde}	1.14^{cd}	2.1^{cde}	60^{abcd}
8 - Bardsir بردسیر	118^{f}	11444^{abcd}	$\mathbf{48^{a}}$	$\mathbf{18.8^{a}}$	61^{bc}	1.7^{bc}	0.85^{abc}	0.35^{abc}	1.00^{abc}	1.20^{ab}	2.2^{ab}	61^{abc}
9 - Toyserkan تویسرکان	127^{def}	10430^{de}	44^{abcd}	17.3^{abcd}	61^{cd}	$\mathbf{1.9^{a}}$	0.82^{gh}	0.31^{def}	0.99^{abc}	1.13^{cd}	2.1^{cde}	60^{abcd}
10 - Amol آمل	69^{gh}	7558^{f}	27^{fg}	11.4^{gh}	58^{e}	0.49^{fg}	0.81^{hi}	0.29^{fgh}	0.99^{abc}	1.10^{ef}	2.1^{ef}	51^{i}
11 - Heidareh حیدره	158^{ab}	11885^{ab}	47^{abc}	17.1^{abcd}	$\mathbf{64^{a}}$	1.4^{e}	0.82^{gh}	0.28^{h}	0.96^{de}	1.09^{ef}	2.1^{fg}	58^{bcdef}
12 - Ramhormoz رامهرمز	$\mathbf{21^{i}}$	$\mathbf{2059^{h}}$	$\mathbf{12.8^{h}}$	$\mathbf{5.3^{j}}$	59^{e}	0.34^{gh}	0.82^{gh}	0.31^{efgh}	0.96^{e}	1.12^{de}	2.1^{ef}	55^{fgh}
13 - Toeen توئین	131^{cdef}	10701^{cde}	38^{e}	14.4^{ef}	62^{abc}	1.4^{e}	0.85^{abc}	0.34^{bcd}	1.00^{abc}	1.19^{b}	2.2^{ab}	58^{bcdef}
14 - Isfahan اصفهان	45^{h}	5696^{g}	15.1^{h}	7.7^{i}	$\mathbf{49^{f}}$	$\mathbf{0.28^{h}}$	$\mathbf{0.78^{j}}$	$\mathbf{0.24^{i}}$	0.98^{cde}	$\mathbf{1.02^{g}}$	2.0^{gh}	$\mathbf{50^{i}}$
15 - HosseinAbad حسین آباد	$\mathbf{177^{a}}$	11348^{abcd}	46^{abcd}	17.2^{abcd}	62^{abc}	1.7^{abc}	0.84^{bcd}	0.34^{abc}	1.00^{abc}	1.19^{b}	2.2^{b}	57^{cdef}
16 - Tarom طارم	69^{g}	7890^{f}	32^{f}	13^{fg}	59^{de}	0.56^{f}	0.85^{ab}	0.33^{cde}	0.99^{abcd}	1.18^{b}	2.2^{bc}	53^{ghi}
17 - AliAbad علی آباد	148^{bcd}	11430^{abcd}	45^{abcd}	17.6^{abc}	61^{bcd}	1.6^{cd}	0.81^{hi}	0.30^{fgh}	0.98^{cde}	1.10^{def}	2.1^{ef}	58^{bcdef}
18 - Zabol زابل	76^{g}	6985^{f}	25^{g}	9.5^{hi}	62^{abc}	0.42^{fgh}	0.80^{i}	0.28^{gh}	$\mathbf{0.91^{f}}$	1.08^{f}	$\mathbf{1.99^{h}}$	56^{efg}

میانگین‌ها، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one common letter are not significantly different at the 1% probability level- using LSD test.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات (ادامه)

Table 2– Mean comparison of traits (continued)

صفت Trait	درصد افت وزنی حبه کردن Loss weight of cuddle (%)	وزن ۳۰ حبه تولید شده Weight of 30 cloves produced (g)	وزن خشک برگ بوته Leaf weight of plant dry (g)	وزن خشک ریشه بوته Dry weight of plant root (g)	شاخص برداشت سوخ% Bulb HI	قطر سوخ Bulb diameter (mm)	طول سوخ Bulb length (mm)	عرض سوخ Bulb width (mm)	ضریب کرویت Coefficient sphericity	تعداد لایه Number of layer	تعداد حبه Number of clove	وزن حبه Weight of clove (g)	قطر یقه Crown diameter (mm)
1	10^{bc}	115^{e}	4.9^{cdef}	0.25^{h}	76^{defg}	32^{bcd}	56^{bc}	49^{ab}	0.80^{efg}	4.2^{ab}	8.5^{b}	4.8^{f}	16.1^{abc}
2	**20^{a}**	66^{gh}	2^{h}	0.15^{i}	83^{ab}	31de	46^{d}	40^{d}	0.84^{cd}	2.8^{h}	8.1^{bcd}	2.9^{g}	8.7^{d}
3	7^{fgh}	134^{d}	4.7^{def}	0.29^{gh}	78^{cde}	34^{ab}	55^{c}	49^{ab}	0.82^{def}	3.6^{cde}	8^{bcd}	5.6^{cdef}	15.9^{abc}
4	7^{efgh}	136^{cd}	5.4^{ab}	0.41^{abc}	73^{gh}	34^{ab}	58^{abc}	45^{c}	0.77^{gh}	4.1^{ab}	6.8^{efghi}	5.7^{bcdef}	14.9^{c}
5	8^{ef}	137^{cd}	5^{bcde}	**0.42^{a}**	74^{fgh}	34^{ab}	58^{abc}	50^{ab}	0.79^{fgh}	3.4^{efg}	7.4^{cdef}	5.1^{def}	16.9^{a}
6	11^{b}	**174^{a}**	5.2^{abc}	0.42^{ab}	74^{fgh}	33^{b}	**61^{a}**	49^{ab}	**0.76^{h}**	3.6^{cde}	6.3^{ghi}	6^{bcd}	**17.2^{a}**
7	10^{bcd}	151^{bc}	4.7^{def}	0.35^{def}	76^{defgh}	34^{ab}	59^{ab}	48^{ab}	0.78^{fgh}	4^{abc}	6.7^{efghi}	6^{bcde}	16.1^{abc}
8	11^{b}	163^{ab}	4.5^{f}	0.32^{defg}	80^{bcd}	33^{b}	58^{abc}	48^{abc}	0.78^{fgh}	**4.2^{a}**	6.6^{fghi}	6.6^{ab}	15.9^{abc}
9	7^{efgh}	142^{cd}	4.7^{def}	0.37^{bcd}	77^{cdef}	31^{cde}	57^{bc}	47^{bc}	0.77^{gh}	3.5^{def}	6.5^{fghi}	6.3^{abc}	15.1^{bc}
10	**6^{h}**	70^{gh}	3.1^{g}	0.13^{ij}	78^{cde}	30^{e}	45^{d}	41^{d}	0.85^{bcd}	3.1^{gh}	8.4^{bc}	3^{g}	9^{d}
11	9^{cde}	135^{d}	5.1^{abcd}	0.34^{def}	76^{efgh}	34^{ab}	57^{abc}	49^{ab}	0.79^{efgh}	4.1^{ab}	7.9^{bcd}	5.4^{cdef}	16.9^{a}
12	6^{gh}	**24^{i}**	**1.2^{i}**	**0.06^{k}**	80^{bc}	25^{g}	**34^{e}**	32^{e}	0.88^{ab}	**2.3^{i}**	**13.1^{a}**	**0.92^{h}**	**5.8^{e}**
13	8^{def}	137^{cd}	5.1^{abcde}	0.36^{cde}	**72^{h}**	33^{bc}	57^{bc}	49^{ab}	0.79^{fgh}	4.1^{ab}	7.1^{defgh}	4.9^{ef}	15.6^{abc}
14	**6^{h}**	56^{h}	**1.2^{i}**	0.10^{jk}	**85^{a}**	**28^{f}**	**34^{e}**	**31^{e}**	**0.91^{a}**	1.9^{j}	6.1^{hi}	2.3^{g}	6.1^{e}
15	8^{efg}	147^{cd}	4.6^{ef}	0.31^{efgh}	78^{cde}	**35^{a}**	58^{abc}	50^{ab}	0.80^{efg}	3.8^{bcd}	7.8^{bcde}	5.5^{cdef}	16.9^{a}
16	9^{cde}	97^{f}	2.1^{h}	0.13^{ij}	**85^{a}**	32^{bcd}	46^{d}	41^{d}	0.86^{bc}	3.3^{fg}	6.1^{hi}	4.7^{f}	8^{d}
17	**6^{h}**	166^{ab}	**5.4^{a}**	0.38^{abcd}	75^{efgh}	34^{ab}	58^{abc}	**50^{a}**	0.79^{fgh}	4.1^{ab}	**5.9^{i}**	**7.3^{a}**	16.8^{ab}
18	**6^{h}**	78^{g}	2.8^{g}	0.30^{fgh}	75^{efgh}	30^{e}	46^{d}	39^{d}	0.83^{cde}	3.2^{fg}	7.2^{defg}	3.3^{g}	9.3^{d}

میانگین‌ها، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one common letter are not significantly different at the 1% probability level- using LSD test.

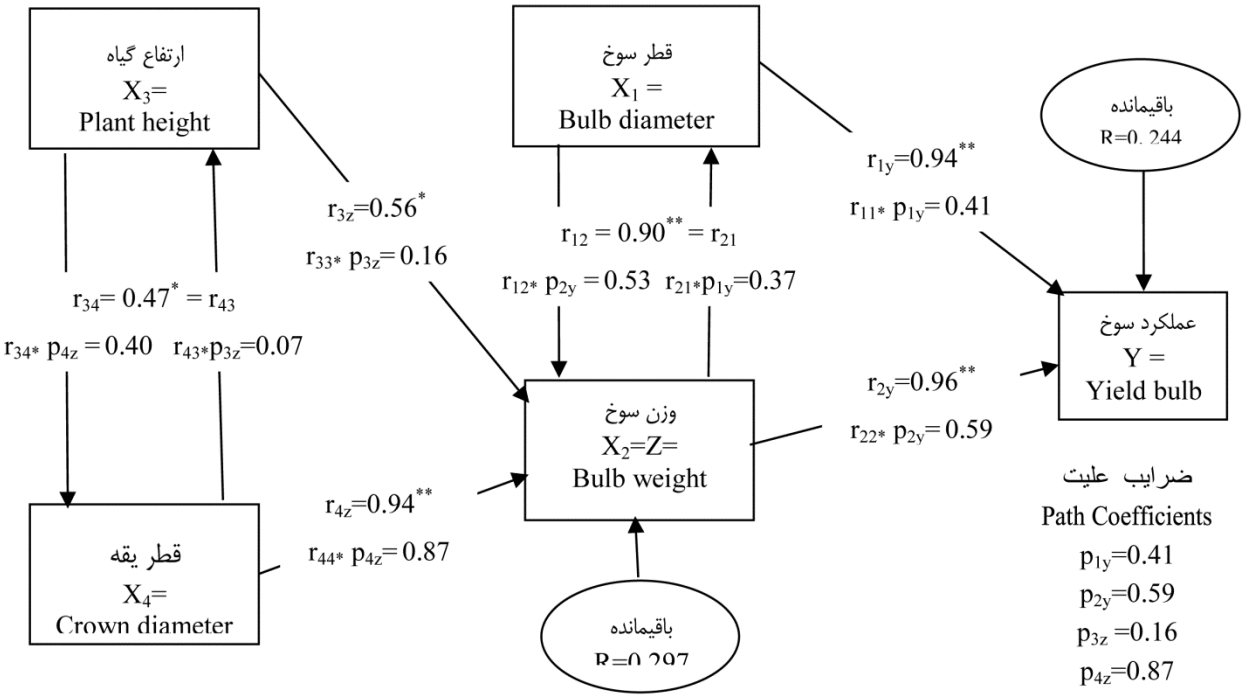
جدول ۲- مقایسه میانگین صفات (ادامه)

Table 2– Mean comparison of traits (continued)

صفت Trait	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد برگ سبز Number of leaf	تعداد برگ افتاده Leaf number of fallen	تعداد کل برگ Leaf total	تعداد روز تا سبز شدن Days to germination	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد روز از سبز شدن تا رسیدگی to Days from germination maturity	محتوای رطوبت نسبی برگ RWC (%)	اسید پیرووریک کل Total Pyruvic Acid (µmol/g)	اسید پیرووریک غیر آنزیمی Nonenzymatic Pyruvic Acid (µmol/g)	اسید پیرووریک آنزیمی Enzymatic Pyruvic Acid (µmol/g)	عملکرد آلیسین Allicin yield (kg/ha)
1	64^{bc}	8.9^{ab}	1.3^{efgh}	10.2^{bcd}	116^{cd}	229^{ab}	113^{ab}	71^{abc}	57^{a}	1.1^{defgh}	56^{a}	51^{ab}
2	66^{bc}	6.3^{c}	2.1^{ab}	8.4^{fg}	114^{e}	**219^{d}**	105^{fg}	69^{abcd}	48^{gh}	1.4^{cd}	47^{gh}	28^{g}
3	68^{b}	8.2^{b}	1.2^{efgh}	9.4^{def}	116^{cde}	228^{b}	113^{abc}	64^{fg}	49^{fgh}	1.1^{efgh}	48^{fgh}	44^{cd}
4	66^{bc}	9.3^{a}	1.1^{gh}	10.3^{abcd}	117^{abc}	**230^{a}**	114^{ab}	65^{f}	**58^{a}**	1^{efgh}	**57^{a}**	51^{ab}
5	66^{bc}	8.5^{ab}	1.2^{fgh}	9.7^{cde}	116^{bc}	223^{c}	107de	67^{def}	52^{cdef}	1^{efgh}	51^{cde}	49^{abc}
6	67^{bc}	8.6^{ab}	1.6^{cde}	10.2^{bcd}	116^{bc}	229^{ab}	113^{abc}	68^{cde}	43^{i}	**0.96^{h}**	42^{i}	35^{ef}
7	66^{bc}	9.2^{ab}	2.2^{a}	**11.5^{a}**	116^{cd}	224^{c}	108^{d}	65^{f}	46^{hi}	1.1^{efgh}	45^{hi}	44^{cd}
8	66^{bc}	**9.6^{a}**	1.8^{bcd}	11.3^{ab}	**114^{e}**	228^{b}	114^{ab}	71^{ab}	50^{defg}	0.96^{gh}	49^{defg}	45^{bcd}
9	66^{bc}	8.7^{ab}	1.4^{defg}	10.2^{cd}	**118^{a}**	228^{b}	111^{c}	69^{bcd}	49^{gh}	1^{fgh}	48^{fgh}	41de
10	**75^{a}**	6.2^{c}	1.6^{cde}	**7.7^{g}**	116^{bc}	229^{ab}	112^{bc}	**72^{a}**	50^{efg}	1.2^{def}	48^{efg}	29^{fg}
11	67^{bc}	9^{ab}	**0.92^{h}**	9.9^{cd}	117^{ab}	228^{b}	111^{c}	66^{ef}	53^{cde}	0.98^{fgh}	52^{cd}	49^{abc}
12	**55^{d}**	6.2^{c}	1.8^{bc}	8^{g}	116^{abc}	**219^{d}**	**103^{h}**	62^{gh}	34^{j}	**2^{a}**	32^{j}	**4.9^{i}**
13	63^{c}	9.4^{a}	0.94^{h}	10.3^{abcd}	116^{cde}	229^{ab}	114^{ab}	65^{f}	53^{cd}	1.1^{efgh}	52^{cd}	45^{bcd}
14	59^{d}	6.4^{c}	**2.3^{a}**	8.7^{efg}	116^{cde}	**219^{d}**	103^{gh}	**61^{h}**	**33^{j}**	1.5^{bc}	**31^{j}**	13.7^{h}
15	68^{b}	9.1^{ab}	1.5^{def}	10.5^{abcd}	115^{e}	229^{ab}	114^{a}	65^{f}	49^{fgh}	1.2^{cdef}	48^{fgh}	44^{cd}
16	65^{bc}	**6.5^{c}**	**2.3^{a}**	8.7^{efg}	115de	220^{d}	105^{efg}	65^{ef}	53^{cde}	1.7^{b}	51^{cdef}	33^{fg}
17	68^{b}	9.1^{ab}	1.6^{cdef}	10.6^{abc}	115^{e}	229^{ab}	**115^{a}**	67^{def}	57^{ab}	1.2^{defg}	55^{ab}	**53^{a}**
18	64^{bc}	6.6^{c}	2^{ab}	8.6^{efg}	116^{abc}	223^{c}	106^{def}	71^{ab}	54^{bc}	1.3^{cde}	53^{bc}	29^{fg}

میانگین‌ها، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one common letter are not significantly different at the 1% probability level- using LSD test.



شکل ۳- تجزیه علیت عملکرد سوخ و وزن سوخ در ۱۸ توده بومی سیر ایرانی

Figure 3- Path analysis of bulb yield and bulb weight in 18 landraces of Iranian garlic

با این وجود بقالیان و همکاران (۳) نشان داده‌اند که عوامل دخیل در مقدار آلیسین و تندی توده‌های بومی سیر ایرانی بیشتر ژنتیکی‌اند تا محیطی. در مجموع با در نظر گرفتن هر دو صفت مهم اقتصادی، توده محلی علی‌آباد با ۶۳۳ و توده محلی رامهرمز با ۶۵/۷ مول به ترتیب بیشترین و کمترین اسید پیرووبک در هکتار را تولید کردند که به ترتیب معادل ۵۲/۷۵ و ۴/۹۱ کیلوگرم آلیسین در هکتار است.

تجزیه رگرسیون گام به گام بین عملکرد سوخ و سایر صفات، رابطه رگرسیونی بین عملکرد و صفات وزن سوخ تر و قطر سوخ را نشان داد. ضریب تبیین این رابطه ۹۴/۸۹ درصد و سطح معنی‌دار ضرایب چندجمله‌ای ۵ درصد است.

(۱) عملکرد سوخ (kg/ha)= −۱۰۷۸۰ + ۱۳۰/۹ وزن سوخ تازه (g) + قطرسوخ ۴۸۰ (mm)

نتایج تجزیه علیت نشان داد که اثرات مستقیم و غیرمستقیم این دو صفت باعث افزایش عملکرد سوخ می‌شوند (شکل ۳). ۵۲/۶ درصد اثرات این دو صفت به طور مستقیم بر روی عملکرد تاثیر دارند و حدود ۴۷/۴ درصد به طور غیر مستقیم اثر می‌کنند. ۶۱/۵ درصد اثرات وزن سوخ به طور مستقیم و ۵۶/۴ درصد اثرات قطر سوخ از طریق وزن سوخ به طور غیرمستقیم باعث افزایش عملکرد می‌شود. در مجموع ۵۰/۵ درصد اثرات مستقیم و غیر مستقیم از طریق وزن سوخ باعث افزایش عملکرد سوخ می‌شود. اثرات باقیمانده در این تجزیه ۰/۲۴۴ می‌باشد.

تجزیه رگرسیون گام به گام بین وزن سوخ و سایر صفات به جز عملکرد سوخ، رابطه رگرسیونی بین وزن سوخ و صفات قطر یقه و ارتفاع بوته با ضریب تبیین ۹۱/۱۴ درصد و سطح معنی‌دار ضرایب چندجمله‌ای ۵ درصد نشان داد.

(۲) وزن سوخ تازه (g) = − ۲۳/۲ + ۰/۴۴۷ ارتفاع بوته (cm) + ۲/۳۳۴ قطر یقه (mm)

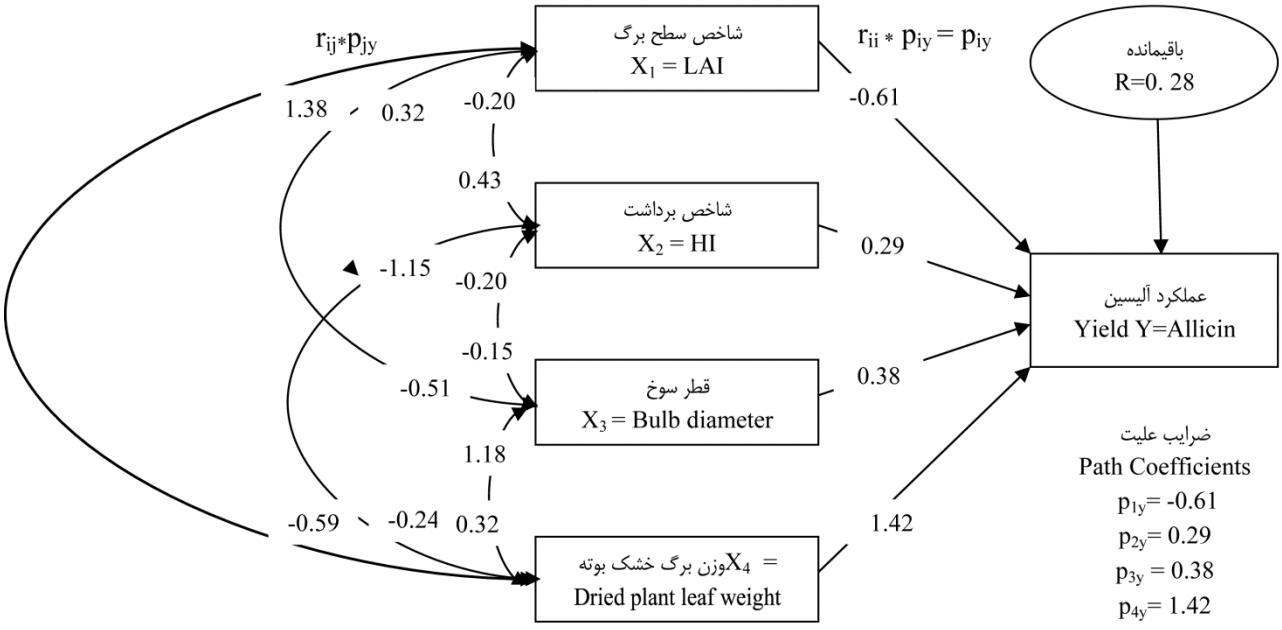
نتایج تجزیه علیت دلالت بر این دارد که اثرات مستقیم و غیرمستقیم این دو صفت باعث افزایش وزن سوخ می‌شوند. ۶۸/۷ درصد اثرات این دو صفت به طور مستقیم و ۳۱/۳ درصد به طور غیرمستقیم بر روی وزن سوخ تأثیر دارند. بیش از ۹۲/۵ درصد اثرات قطر یقه به طور مستقیم و ۷۴/۵ درصد اثرات ارتفاع بوته به طور غیر مستقیم از طریق قطر یقه باعث افزایش وزن سوخ می‌شود. در مجموع ۶۲/۷ درصد اثرات مستقیم و غیرمستقیم از طریق قطر یقه باعث افزایش وزن سوخ می‌شود. اثرات باقیمانده در این تجزیه ۰/۲۹۷ می‌باشد.

در ضمن صفات مستقل با صفات تابع دخیل در تجزیه علیت ضرایب همبستگی معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد داشتند (مندرج در شکل ۳). ضرایب همبستگی ساده با ضرایب چند جمله‌ای هم‌علامت (هم‌راستا) و مثبت می‌باشند. کالو (۱۷) نشان داد صفات وزن سوخ سیر، تعداد سیرچه در سوخ، ارتفاع بوته و قطر سوخ بیشترین اثر مستقیم؛ و قطر سوخ، طول سیرچه از طریق وزن سوخ

بیشترین اثرات غیر مستقیم را بر روی عملکرد سوخ دارند.

تجزیه رگرسیون گام به گام بین عملکرد آلیسین و سایر صفات، رابطه رگرسیونی بین عمکلرد آلیسین با صفات شاخص سطح برگ، شاخص برداشت، قطر سوخ و وزن برگ خشک بوته با ضریب تبیین ۸۸/۷۷ درصد و سطح معنی‌دار ۵ درصد ضرایب چند جمله‌ای دارد. شاخص سطح برگ و شاخص برداشت به ترتیب اثر مستقیم منفی و مثبت بر مقدار آلیسین دارند. ولی اثرات غیرمستقیم از طریق سایر صفات باعث شده ضریب همبستگی این دو شاخص به ترتیب مثبت و منفی بدست آید. بیشترین اثر مستقیم مثبت را وزن برگ خشک بوته و اثر غیرمستقیم مثبت شاخص سطح برگ از طریق وزن برگ خشک بوته بر مقدار آلیسین و بیشترین اثر غیرمستقیم منفی را شاخص برداشت از طریق وزن برگ خشک بوته بر مقدار آلیسین دارد (شکل ۴). در واقع افزایش ماده خشک برگ بوته اگر با افزایش سطح برگ یا افزایش شاخص برداشت همراه باشد باعث رقابت با سنتز آلیسین می‌شود، ولی اگر با افزایش قطر سوخ همراه باشد باعث افزایش سنتز آلیسین می‌شود.

(۳) شاخص‌برداشت۱/۱+شاخص‌سطح‌برگ۱۱−۱۳۳− = (kg/ha) آلیسین
(g)وزن‌برگ‌خشک‌بوته۱۲+(mm)قطرسوخ۱/۶+



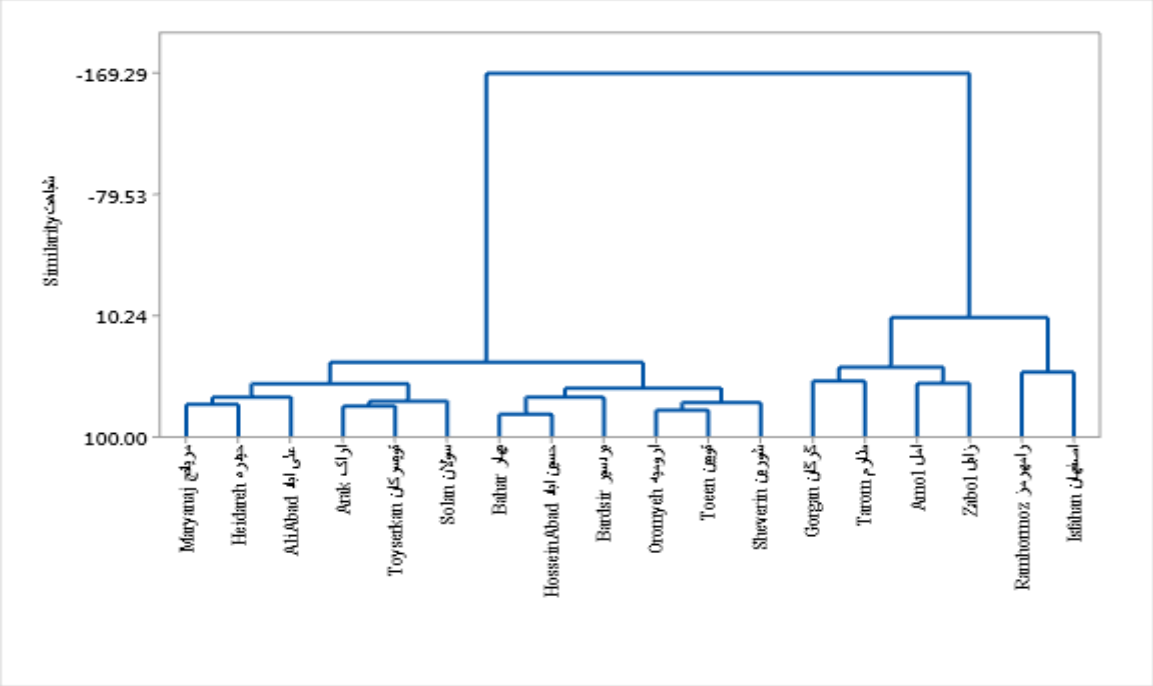
$r_{1y}= 0.89^{**}$ $r_{2y}= -0.62^{**}$ $r_{3y}= 0.91^{**}$ $r_{4y}= 0.91^{**}$ $r_{12}= -0.71^{**}$ $r_{13}= 0.84^{**}$ $r_{14}=0.97^{**}$ $r_{23}= -0.51^{**}$ $r_{24}= -0.81^{**}$ $r_{34}=0.83^{**}$

شکل ٤- تجزیه علیت عملکرد آلیسین در ۱۸ توده بومی سیر ایرانی
Figure 4- Path analysis of Allicin yield in 18 landraces of Iranian garlic

تجزیه خوشه‌ای با نرم افزار مینی تب ۱۹به روش Ward با فاصله اقلیدسی بر روی داده‌های استاندارد شده (شکل ۵)، توده‌های محلی مورد بررسی را به ۲ گروه اصلی (۶ و ۱۲ عضوی) تقسیم کرد، که با توجه به عملکرد سوخ و آلیسین گروه ۱۲ عضوی مناسب کشت در منطقه همدان می‌باشد. این گروه نیز به ۴ زیرگروه تقسیم شده است که نشان از تنوع بالای صفات است. نکته جالب توجه قرار گرفتن توده‌های ۴ (ارومیه)، ۶ (اراک) و ۸ (بردسیر کرمان) در گروه مناسب کشت در منطقه همدان است. همچنین اولین سطح گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای بر اساس کلیه صفات انطباق خوبی با تجزیه خوشه‌ای بر اساس دو صفت مهم اقتصادی عملکرد سوخ و آلیسین دارد (اشکال ۵ و ۶).

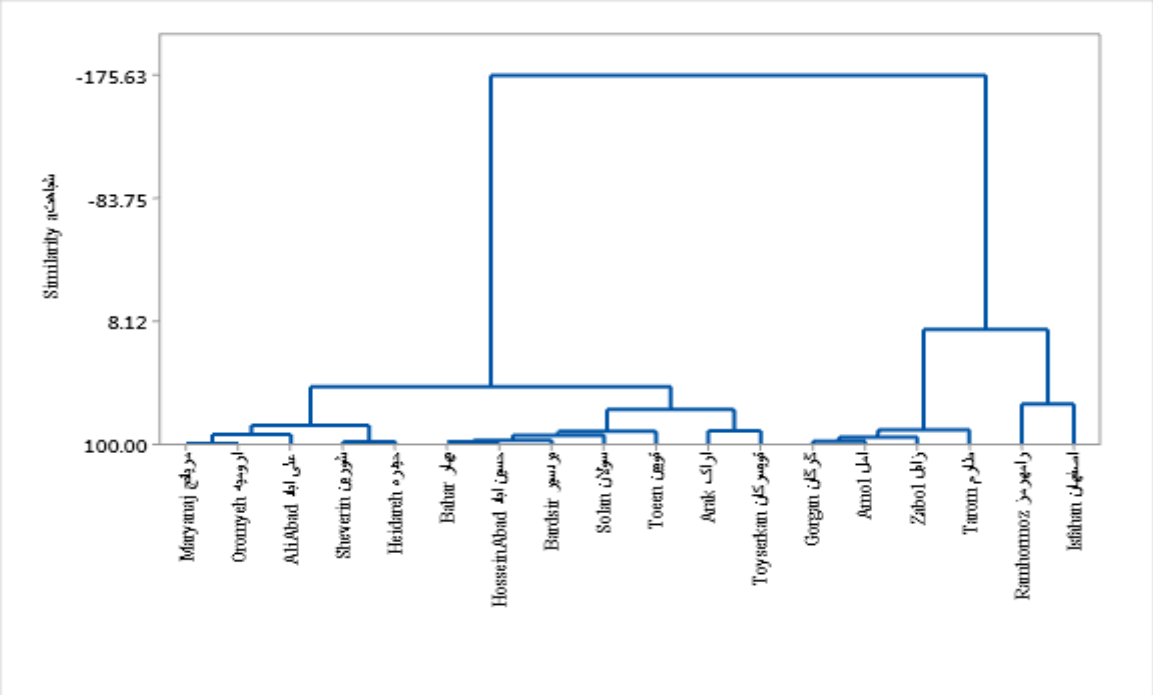
نتیجه‌گیری

در داخل کشور تا کنون توجه خاصی در مورد اصلاح و معرفی رقم سیر به جز یک مورد صورت نگرفته است. تنها رقم معرفی شده رقم مازند است که سال ۱۳۸۱ از طریق انتخاب فنوتیپی درون توده محلی سیر مازندران معرفی شده که مناسب کشت آن مناطق است.



شکل ۵- تجزیه خوشه‌ای ۱۸ توده محلی سیر ایرانی بر اساس ۳۷ صفت آگرومورفولوژیکی استاندارد شده

Figure 5-Cluster analysis of 18 landrace of Iranian garlic based on 37 standardized agromorphological traits



شکل ٦- تجزیه خوشه‌ای ۱۸ توده محلی سیر ایرانی بر اساس صفات عملکرد سوخ و آلیسین استاندارد شده

Figure 6-Cluster analysis of 18 landrace of Iranian garlic based on standardized Allicin and bulb yield traits

بر اساس نتایج این آزمایش توصیه می‌شود بـه منظـور افـزایش موفقیت در اصلاح و معرفی رقم سیر در منطقه همدان از بـین تـوده-های مورد بررسی و مناسب همدان بر اساس انتخاب و علامت‌گذاری بوته‌ها در مزرعه به کمک شاخص قطـر یقـه و پـس از برداشـت بـه

کمک شاخص وزن سوخ اقدام به انتخاب و تکثیر شود. از نتایج تجزیه خوشه‌ای این تحقیق نیز می‌توان برای مدیریت در حفـظ و نگهـداری ژرم پلاسم سیر به منظور حفظ حداکثر تنوع بـا کمتـرین حجـم مـواد ژنتیکی اقدام نمود.

منابع

1- Abedi M., Bayat F., and Nosrati A.E. 2013. Evaluation of agronomical traits and pyruvic acid content in Hamedan garlic (*Allium Sativum* L.) ecotypes. European Journal of Experimental Biology 3(2): 541-544.
2- Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112- 121.
3- Baghalian K., Ziai S.A., Naghavi M.R., Naghdi Badi H., and Khalighi A. 2005. Evaluation of allicin content and botanical traits in Iranian garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. Scientia Horticulturae 103: 155-166.
4- Bayat F., Soori J., Saedi H., Shaabanian M., Gholami B., and Goodarzi F. 2014. Effect of bulb and clove weights on the pungency and some quality and quantity attributes of the two ecotypes of Hamedan white garlic (*Allium sativum* L.). Final Report of Research Project, 45818 No. Agricultural Engineering Research Institute of Iran–AERI.
5- Block E. 1985. The chemistry of onions and garlic. Scientific American 252: 94-99.
6- Burba J.L., Portela J.A., and Lanzavechia S. 2005. Argentine Garlic I: A Wide Offer of Clonal Cultivars. Acta Horticulturae (ISHS) 688: 291-296. http://www.actahort. org/books/688/688_41.htm.
7- Camargo A., Masuelli R.W., and Burba J.L. 2005. Characterization of Argentine garlic cultivars for their allicin content. IV International Symposium on Edible Alliaceae. ISHS Acta Horticulturae 688: 309-312.
8- Cunha C.P., Hoogerheide E.S.S., Zucchi M.I., Monteiro M., and Pinheiro B. 2012. New microsatellite markers for garlic, *Allium sativum* L. (Alliaceae). American Journal of Botany 99(1): e17-e19.
9- Datshvarov S. 1997. The richness of geneticplasm garlic (*Allium sativum* L.) in Bulgaria. Acta Horticulturae 433: 137-140.
10- Del Pozo A., Ines Gonzalez M., and Barraza C. 1997. Phenological development of 13 clones of garlic, (*Allium sativum* L.): influence of temperature, Photoperiod and cold storage. Acta Horticulture 433: 389-394.
11- Eaglling D., and Sterling S. 2000. A cholesterol–lowering extract from garlic. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Publication number 0063. Project number DAV-124A.
12- Endo A., Imai Y., Nakamura M., Yanagisawa E., Taguchi T., and Torii K. 2013. Distinct intraspecific variations of garlic (*Allium sativum* L.) revealed by the exon-intron sequences of the alliinase gene. Journal of Natural Medicines 68(2):442–447.
13- European Pharmacopoeia. 2005. Directorate for the Quality of Medicines of the Council of Europe. 5th edition, Strasbourg (France): Council of Europe.
14- FAOSTAT. 2015. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC
15- Gomez Riera J.L.B. 1997. Characterization, adaptation and selection of garlic germplasm (*Allium sativum* L.) through the management of dormancy, in Mendoza, Argentina. Acta Horticulture 433: 151-164.
16- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 2000. Descriptors for *Allium*. Rome, Italy. 43 p.
17- Kallo G. 1988.Vegetable breeding. CRC press, Inc.
18- Kallo G., and Bergh B.O. 1993. Genetic improvement of vegetable crops. Pergamon press. Oxford and New York. 833 pp.
19- Kamenetsky R., London Shafir I., Khassanov F., Kik C., van Heusden A.W., and Vrielinkvan Ginkel M. 2005. Diversity in fertility potential andorgano-sulphur compounds among garlics from Central Asia. Biodiversity Conservation 14: 281–295.
20- Ketter C.A.T., and Randle W.M. 1998. Pungency assessment in onions. S.J. Karcher, (ed). Proceeding of the 19 Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE) pp: 177-196.
21- Koch H.P., and Lawson L.D. 1996. Garlic. The science and therapeutic application of *Allium sativum* and related species 2nd ed. Williams and Wilkins, Baltimore, USA. 329 pp.
22- Lallan S., and Chauhan K.P.S. 1992. Effect of the method of planting and size of cloves on yield and quality of garlic. Newsletter of Associated Agriculture Development Foundation 12(2): 7-8.
23- Lampasona S.G., Asprelli P., Burba J.L. 2012. Genetic analysis of garlic (*Allium sativum* L.) germplasm collection from Argentina. Scientia horticulturae 138: 183-189.
24- Lawson L.D., Wood S.G., and Hughes B.G. 1991. HPLC analysis of allicin and other thiosulfinates in garlic clove homogenates. Planta Medica 57: 263-270.
25- Lopez Frasca A., Rigoni C., Silverstri V., and Burba J.L. 1997. Genetic Variability estimation and Correlation in White Clonal type Gralic *(Allium Sativum* L.) characters. Acta Horticulturae 433: 249-284.
26- Madamba P.S., Driscoll R.H., and Buckle K.A. 1993. Bulk Density, Porosity and Resistance to Airflow of Garlic Slices. Drying Technology 11(7): 1837-1854.
27- Mirzaei R., Liaghati H., and Mahdavi Damghani A. 2007. Evaluating Yield Quality and Quantity of Garlic as

Affected by Different Farming Systems and Garlic Clones. Pakistan Journal of Biological Sciences 10: 2219-2224.

28- Natale P.J., Camargo A., and Galmarini C.R. 2005. Characterization of Argentine garlic cultivars by their pungency. IV International Symposium on Edible Alliaceae. ISHS Acta Horticulturae 688: 313-316.

29- Ovesna J., Kucera L., Hornickova J., Svobodova L., Stavelikova H., and Velisek J. 2011. Diversity of S-alkyl cysteine sulphoxide content within a collection of garlic (*Allium sativum* L.) and its association with the morphological and genetic background assessed by AFLP. Horticultural science 129: 541–547.

30- Ritchie S.W., Nguyan H.T., and Holaday A.S. 1990. Leaf Water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.

31- Stavelikova H. 2008. Morphological characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) genetic resources collection – Information. Horticulture Science 35(3): 130–135.

32- Stoll A., and Seebeek E. 1947. Alliin, the pure mother substance of garlic oil. Experientia 3(114): 1-8.

33- Vafaee Y., Dashti F., Mardi M., and Ershadi A. 2009. Assessment of Genetic Diversity Among Iranian Garlic Landraces (*Allium sativum* L.) Using Morphological Traits and Molecular Markers. Iranian Journal of Horticaltural Sciences 40(1): 13-22.

34- Vafaee Y., Dashti F., Mozaffari A., and Baghalian K. 2007. Diversity evaluation of Iranian and several exotic garlic (*Allium sativum* L.) clones using morphological traits. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 8(4): 259-280.

35- Wall M.W., and Corgan J.N. 1992. Relationship between pyruvate analysis and flavor perception for onion pungency determination. Horticulture Science 27: 1029-1030.

36- Xinhua W., and Wufeng D. 1997. Famous garlics native to China: Its problems and strategies. Acta Horticulturae 433: 133-136.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.3, Fall 2019, P. 481-497
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص. ۴۹۷-۴۸۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Study of Agromorphological Diversity, and Path Analysis of Bulb Yield and Allicin Content of Iranian Garlic Landraces under Hamedan Region

M.H. Alemkhoumaram[1]- A.H. Keshtkar[2*]- A. Mirzaie Asl[3]

Received: 26-12-2018
Accepted: 30-07-2019

Introduction: Garlic is native to central Asia, with a three thousand years history of human consumption and use. Global consumption has increased fourfold during the 24-years period from 1989 to 2013. Area under garlic cultivation, average yield/ha and total production of the world were 1,468,811 ha, 18,092 kg/ha and 26,573,001 tons, respectively in 2016; and China produces about 80% of world garlic production. The maximum global record has been registered at 2012 with an average bulb yield of 45,270 tons per hectare belongs to Uzbekistan. The area under cultivation of this plant in Iran is about 9000 hectares with an average yield of 10 tons per hectare. Garlic has been used both as a food flavoring and as a traditional medicine, and these characteristics are affected by sulfur compounds. Alliin ($C_6H_{11}NO_3S$) with 177.22 molecule weight is a sulfoxide that is a natural constituent of fresh garlic. It is a derivative of the amino acid cysteine. When fresh garlic is chopped or crushed, the alliinase enzyme, which contains pyridoxal phosphate (PLP), cleaves alliin, generating allysulfenic acid, pyruvate ($C_3H_4O_3$), and ammonium (NH_3). At room temperature two moles of allysulfenic acid as an unstable and highly reactive compound that through a dehydration reaction form one mole of allicin ($C_6H_{10}OS_2$) with 162.26 molecule weight, which is responsible for the aroma of fresh garlic. In general, alliinase needs few minutes time to effect on every two molecules of alliin to form one molecule of allicin, two molecules of pyruvate and two molecules of ammonium. The generated allicin is unstable and quickly breaks down, for example during sixteen hours at 23°C it converts to a series of other sulfur-containing compounds such as diallyl disulfide. Allicin is part of a common defense mechanism in garlic plants against pest attacks. It is produced and activated after causing physical injuries. Iranian garlic has a good flavor, while with the exception of Mazand cultivar so far there is no other introduced bred cultivar. In this effort, diversity of agromorphological traits, bulb yield and allicin content of some Iranian landraces were studied to breed promising cultivar/s by single-bulb selection method for Hamedan climatic condition.

Materials and Methods: The experiment was carried out on the basis of a randomized complete block design (RCBD) with four replications in 2015-16 agronomy season at the Agricultural Research, Education and Natural Resources Center of Hamedan Province Located about 6 km north of Hamedan at the altitude of 1740 meters above sea level, longitude 48°, 52′ E, latitude 34°, 52′ N. The soil texture of the test site was loam with 24.4, 40.6 and 35 percent of clay, silt and sand, respectively. The soil tillage operation included plowing with the moldboard plow, disc and leveler. The furrow and stack were created with a width of 50 cm. Nine landraces from Hamedan province (Maryanaj, Bahar, Sheverin, Soolan, Toyserkan, Heidareh, Toeen, Hossein Abad and Ali Abad, and other nine ones from Gorgan (Golestan), Oromyeh (West Azarbaijan), Arak (Markazi), Bardsir (Kerman), Amol (Mazandaran), Ramhormoz (Khuzestan), Isfahan (Isfahan), Tarom (Zanjan) and Zabol (Sistan) cultivated on plots having 2 ridges with 4 meters long. Two rows were planted on the ridge with 25 and 10 cm spacing between rows and plants on the row, respectively (40 plant m^{-2}). Bulb planting was carried out on November 17th, and first irrigation was rain-fed on 18th and 19th of November, with 19 and 9.9 mm rain, respectively, and during the fall and winter seasons, all water requirements were met through precipitation. Different landraces germinated from March 12th to March 16th. Pressure irrigation system was installed by re-growing in spring and plants were irrigated every seven to 10 days, depend on air temperature severity, until June 5th. Harvesting of different landraces was carried out by hands from June 26th to July 6th. Evaluated traits for each plot included weight of 30 seed clove, date of germination and maturity, number of plant per plot, chlorophyll a and b and carotenoids content of leaf, chlorophyll index by SPAD, relative water content of leaf, bulb yield, and weight of 30 produced clove, total pyruvic acid, and non-enzymatic pyruvic acid. The evaluated traits for five normal random plants (healthy plants on both sides, and on the opposite side of cultivation lines adjacent to the healthy plant) of each plot were including height, crown diameter, number of leaf, number of fallen leaf, length and width and

1 and 2- Ph.D. Student and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: akesht@gmail.com)
3- Associate Professor, Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

leaf area, dry weight of plant leaf, dry weight of plant root (to a radius of five centimeters around the bulb) height and width and length of bulb, dry matter of bulb, number of skin layers, number and weight of clove, dry matter percentage. Assessment were also considered based on traits such as, moisture percentage of bulb, leaf area index, sum of chlorophyll a and b, loss weight of cuddle, harvest index, sphericity coefficient of bulb, total number of plant leaf, days number of germination to maturity, enzymatic pyruvic acid and allicin. Traits measurements were done based on "Descriptors for *Allium*". To measure pyruvic acid, 25 g of cloves with 25 ml of water were completely homogeneous in a mixer and passed through a filter paper after ten minutes. Ten ml of filtrated extract was increased into 100 ml volume with water and a half-milliliter of it was taken and added to 1.5 ml of 5% trichloroacetic acid solution, and after one hour, 18 ml of water was added to sample. Then one ml of resulting solution and each standard solution were transferred to separate test tubes. One ml of water and dinitrophenyl hydrazine 0.0125%, were added to each sample, and were heated in bain-marie bath at 37°C for ten minutes. At the end, by adding five ml of 0.6% normal caustic soda to the test tubes, the concentration of samples were determined in the presence of standard solutions (0.01, 0.225, 0.05, 0.1 and 0.2 µmol / ml sodium pyruvate) at 420 nm wavelength using spectrophotometer Pharmacia-Biotech model Novaspec II. To assess non-enzymatic pyruvate activity, alinase enzyme must become inactivated, so 40 to 60 grams of garlic clove is initially heated in microwave at 900 watts for three seconds for every gram of sample (120 to 180 seconds).

To find relationship between variables, the correlation coefficients between them were calculated. The study of the relationship between traits with bulb yield and alicin yield was done by stepwise regression method. Causal relationships and direct and indirect effects of traits on bulb and allicin were determined by path analysis method. Analysis of variance, mean comparison of traits by LSD method at 1% probability level, correlation determination, stepwise regression analysis and cluster analysis were done by Minitab software version 17.3.1, while Microsoft Word and Excel 2003 softwares were used to draw the graphs and path analysis, respectively.

Results and Discussion: The results shown that Iranian garlic landraces have noticeable diversity of agro-morphological traits, such as weight of 30 seed clove from 21 (Ramhormoz landrace) to 177 g (Hossein Abad landrace), bulb yield from 2059 (Ramhormaoz landrace) to 12090 kg ha^{-1} (Soolan landrace), Allicin yield from 4.9 (Ramhormoz landrace) to 53 kg ha^{-1} (Ali Abad landrace), bulb weight from 12.8 (Ramhormoz landrace) to 48 g (Bardsir landrace) and bulb diameter from 28 (Isfahan landrace) to 35 mm (Hossein Abad landrace), which are necessary for breeding programs. It is also confirmed that the adapted landraces from one region may have acceptable production in other regions. According to the present results, landraces from Oromyeh (10866 kg/ha), Arak (9941 kg/ha) and Bardsir (11444kg/ha) produced high yield in Hamedan climatic condition, so that the maximum allicin content were produced by landraces from Ali Abad (53 kg/ha), Maryanaj (51 kg/ha) and Oromyeh (51 kg/ha). Allicin content is calculated based on the bulb yield, and enzymatic pyruvic acid content and its molar relationship with allicin. In the recommended equilibrium of chemical reaction, the alliin coefficient on the one side is two and the coefficients of allicin and pyruvic acid on the other side are two and one, respectively. Bulb weight directly and crown diameter indirectly had highly correlation with bulb yield; and leaf area index, harvest index, bulb diameter and dry weight of plant leaf showed a high correlation with allicin content. The cluster analysis used standardized traits to divide landraces into two main groups as suitable and unsuitable sets to plant under Hamadan climatic conditions.

Conclusion: According to the results of the present study, it is recommended that Oromyeh, Soolan and Heidareh landraces can be used as valuable populations for breeding and introducing the suitable cultivars for Hamedan climatic condition through single-bulb selection method. Characteristics with easy and low cost assessment, such as crown diameter, leaf area index, bulb diameter under field condition; and after harvest measurements, such as bulb weight, harvest index, dry weight of plant leaf traits can also be considered as suitable selection indicators in breeding programs. Thirdly, the current study indicated that the cost of preserving garlic germplasm resources can be decreased by reducing the amount of stored materials, without the significant decline in genetic diversity.

Keywords: Cluster analysis, Garlic, Genetic diversity, Pyruvic acid, Stepwise regression