✓ پژوهش و سازندگی، شماره ۵۴، بهار ۱۳۸۱

بررسی نشانگرهای ژنتیکی خون در جمعیت‌های مختلف اسبان ایران: چند شکلی پروتئین آلبومین، پیش آلبومین، فرا آلبومین، استراز و ترانسفرین در دو جمعیت اسب عرب و اسبچه خزر ایران

● فضل‌ا... افراز، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات علوم دامی
● سعید اسماعیل خانیان، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات علوم دامی
● اسماعیل رستگاری، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
● فریدون امینی، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات علوم دامی

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۷۹ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۸۱

چکیده

حرکت الکتروفورتیکی پنج پروتئین پلاسمای خون شامل آلبومین (Alb)، فراآلبومین [1] (Pas)، پیش آلبومین [2] (Pr)، استراز (Es) و ترانسفرین (Tf) در دو جمعیت اسب عرب و اسبچه خزر ایران با استفاده از ژل پلی آکریلامید مورد پژوهش قرار گرفتند. فراوانی آلل‌های مختلف این جایگاهها، متوسط هتروزیگوسیته و تعداد آللهای مؤثر هر جایگاه محاسبه شدند. همه جایگاههای بررسی شده در این پژوهش به صورت چند شکلی بوده که فنوتیپ‌های متنوعی را سبب گشتند. فنوتیپهای CC و DD در سیستم ترانسفرین و FF در سیستم استراز، فقط در اسبچه خزر مشاهده شد. اختلاف فراوانی آللهای Pr[3] و Pr[4] در جایگاه پیش آلبومین در دو نژاد مذکور نسبتاً زیاد بود در حالیکه در بقیه جایگاهها این اختلاف بسیار کم یا جزیی بود. متوسط هتروزیگوسیته و تعداد آللهای مؤثر در هر جایگاه در اسب عرب کمتر مشاهده شد (۱/۵۶۷۰ و ۰/۳۶۸۸)، در حالیکه در اسبچه خزر بیشتر بود (۱/۸۶۵۴ و ۰/۴۴۹۴). از اطلاعات بدست آمده چنین نتیجه گیری گردید که چند شکلی پروتئین‌های بررسی شده در اسبچه خزر نسبت به اسب عرب بیشتر می‌باشد و همین امر افزایش متوسط هتروزیگوسیته و تعداد آلل‌های موثر در هر جایگاه را در پی داشت که سبب تغییرپذیری ژنتیکی بالا در نژاد اسبچه خزر گشته است.

کلمات کلیدی: اسبچه خزر، اسب عرب، الکتروفورز ژل پلی آکریلامید، چند شکلی پروتئین، هتروزیگوسیته، تغییرپذیری ژنتیکی

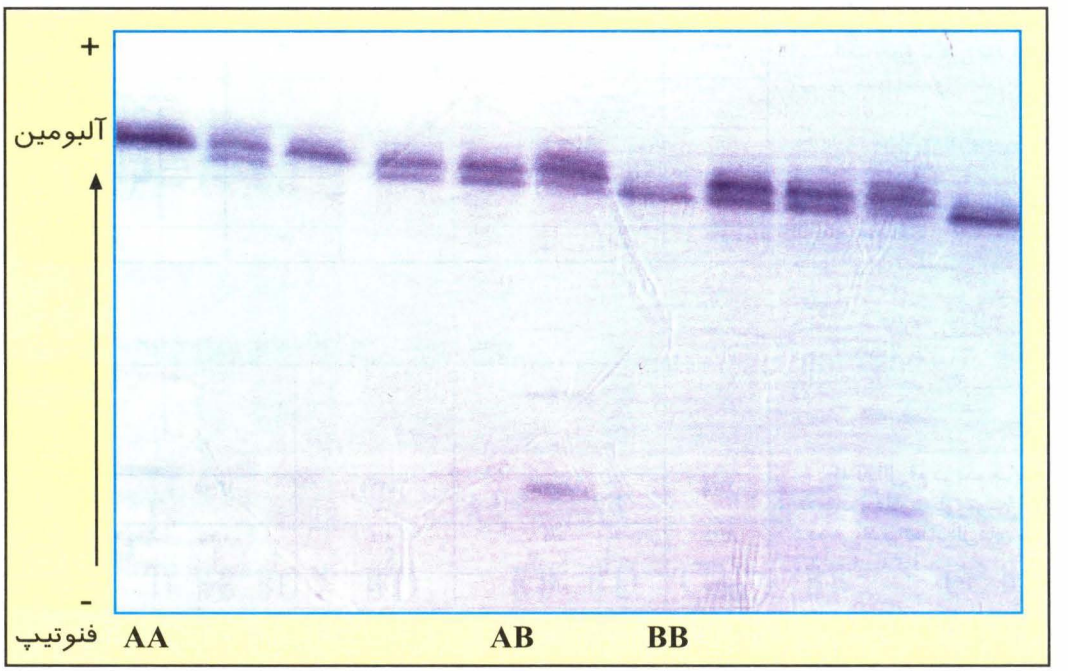
✓ **Pajouhesh & Sazandegi, No 54 PP: 40-44**

Investigation on genetic blood markers in different horse populations of Iran:
Polymorphism of albumin, prealbumin, postalbumin, esterase and transferrin proteins of Arab and Caspian miniature, horses.

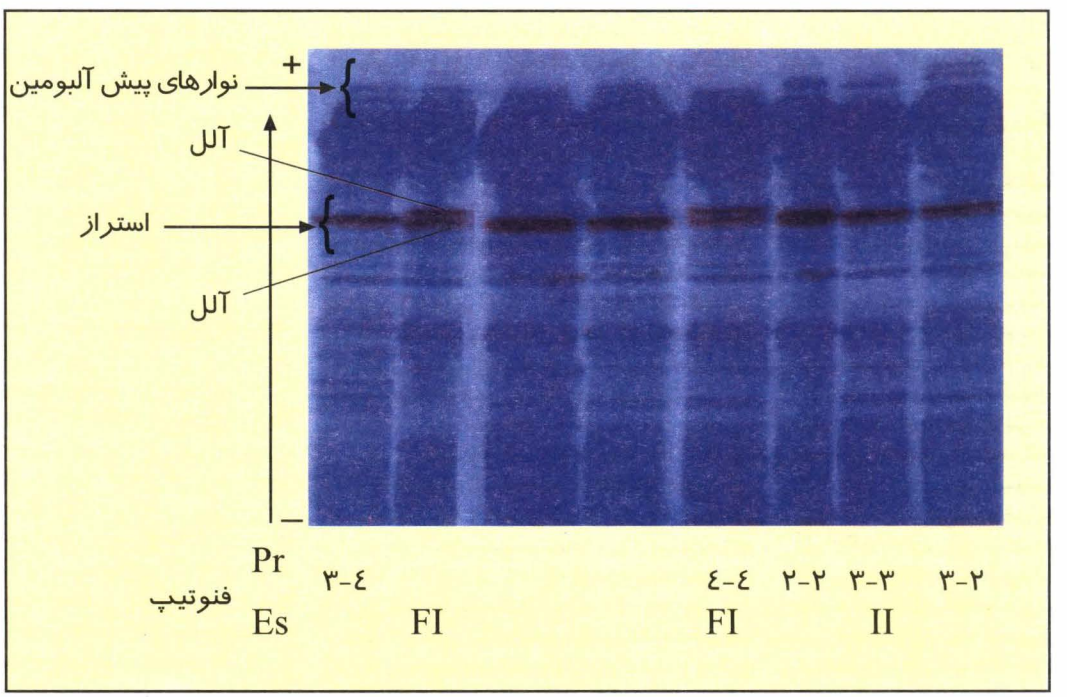
By: Afraz, F., S.Esmailkhanian, and F. Aminy, Animal Sciences Research Institute Karaj. Iran. Rastgarye Islamic Azad university Karaj, Iran.

Electrophoretic mobility of five blood plasma proteins [Albumine (Alb), Prealbumin (Pr), Postalbumin (Pas), Esterase (Es) and transferrin (Tf) were examined in two breeds or local populations of Iranian horses namely, Arab and Caspian miniature by using polyacrilamide gel electrophoresis. Gene frequencies were analyzed at five protein polymorphism loci. In addition, average heterozygosity and effective number of alleles per locus were calculated. Polymorphisms were found at five loci that brought about various phenotypes in two populations. CC and DD phenotypes in Tf system and FF phenotype in Es system were observed in Caspian miniature only. Between two populations allele frequencies difference for pr^3 and pr^4 in prealbumin system was relatively high whereas, breed difference at other loci was slight. Average heterozygosity and number of effective alleles in Caspian and Arab were seen accordingly as 0.4494, 1.8654 and 0.3688, 1.5670. From the present results it can be concluded that polymorphisms of proteins which have been studied, were higher in Caspian miniature horse than in Arab breed and this has causes more heterozygosity and number of effective alleles and consequently higher genetic variabilty in this population.

Keywords: Caspian miniature, Arab horse, polyacrylamide gel electrophoresis, protein polymorphism, heterzygosity, genetic variability.



شکل شماره ۱- نمونه‌های الکتروفورتیک آلبومین در دو جمعیت اسب عرب و اسبچه خزر



شکل شماره ۲- نمونه‌های الکتروفورتیک پیش آلبومین و استراز در دو جمعیت اسب عرب و اسبچه خزر

مقدمه

بسیاری از جایگاههای ژنی و شاید بیشتر آنها دارای آلل‌های متفاوتی هستند که عامل تغییرات ژنتیکی در بین افراد می‌باشند (۱۸). در پلاسما و گلبول قرمز خون اسب تعداد زیادی پروتئین‌های آنزیمی و غیر آنزیمی وجود دارد (۲). چند شکلی اغلب این پروتئین‌ها با انجام الکتروفورز با استفاده از ژل نشاسته یا پلی آکریلامید توسط پژوهشگران گزارش شده است (۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳). سه فنوتیپ AB و BB و AA مربوط به پروتئین آلبومین در اسب مشاهده گردید که توسط دو آلل B و A کنترل می‌گردند (۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱). جایگاه کنترل کننده پروتئین پیش آلبومین، جایگاهی با چند شکلی شدید می‌باشد که آلل‌های Pr1 Pr2, Pr3, Pr4 را در بر می‌گیرد (۴، ۶، ۱۵، ۲۴). فرآلبومین دارای فنوتیپهای AA,aa می‌باشد که با تظاهر یا عدم تظاهر نوار در ناحیه زیرین آلبومین مشخص می‌گردد که توسط آلل‌های Pas^A, Pas^a

جدول شماره ۱- نژاد و تعداد اسب‌های استفاده شده

نژاد	مکان جغرافیائی	تعداد	نژاد	مکان جغرافیایی	تعداد
اسبچه خزر	ایستگاه خجیر تهران	۴۰	عرب	تهران (انجمن‌ملی اسب)	۲۲
	کرج (کردان)	۴۵		خوزستان(جشنواره)	۸۲
	کرمان	۱۷		کرمان	۳۱
	گرگان	۱۳		یزد	۲۰

جدول شماره ۲- میزان محلول‌های مورد نیاز جهت تهیه ژل اکریلامید

محلول‌ها (m) / غلظت اکریلامید	الف	ب	ج	د
ژل تفکیک ۱۲٪	۱۳/۰۵	۸/۷۷۵	۸/۷۷۵	۴/۳۵
ژل نمونه ۴٪	۰/۷۵	۱/۵	۱/۵	۲/۲۵
ژل پایه ۸٪	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵

کنترل می‌شوند (۲۱). آللهای آنزیم استراز در اسب عبارت از Es^F, Es^I, Es^S می‌باشد (۹، ۱۰، ۲۳). چند شکلی شدیدی نیز در پروتئین ترانسفرین مشاهده می‌شود که توسط شش آلل Tf^D, Tf^F, Tf^H, Tf^M, Tf^O, Tf^R کنترل می‌گردد (۳، ۱۶). بعلاوه نوار F بصورت دو نوار F1, F2 تشخیص داده شد. Nozava و همکاران در سال ۱۹۹۸ آللهای مربوط به این پروتئین را Tf^A, Tf^B, Tf^C, Tf^D, Tf^E بیان نمودند که Tf^B خود شامل دو آلل B1, B2 می‌باشد (۱۹).

تنوع ژنتیکی ناشی از چند شکل بودن پروتئین‌ها در داخل هر جمعیت تعیین و گزارش گردیده است که دامنه تغییرات آن بین جمعیت‌های مختلف زیاد می‌باشد (۸، ۱۲، ۱۸، ۱۹، ۲۲).

نژادهای زیادی در کشور وجود دارند که از نظر ذخایر ژنتیکی حائز اهمیت خاصی هستند. تاکنون اطلاعاتی در خصوص چند شکلی پروتئین‌های خون که وسیله‌ای معتبر جهت انتخاب گله با هتروزیگوسیته بالا به عنوان ذخیره ژنتیکی و نیز رد اعقاب[3] می‌باشد گزارش نشده است. از طرفی ژل پلی آکریلامید روشی دقیق، اقتصادی و سریع برای انجام الکتروفورز پروتئین‌های دام و طیور می‌باشد (۹، ۱۱، ۱۵، ۲۵). بنابراین به منظور بررسی چند شکلی پروتئین‌های آلبومین، پیش آلبومین، فرا آلبومین، استراز و ترانسفرین و نیز پیدا نمودن آللهای جدید و همچنین تعیین تغییرپذیری ژنتیکی در دو نژاد مهم و معروف ایرانی یعنی اسب عرب و اسبچه خزر از طریق الکتروفورز ژل پلی آکریلامید این پژوهش انجام یافت.

مواد و روشها

اسب

نژادهای مورد بررسی در این پژوهش اسب عرب و اسبچه خزر بودند. اسبهای مورد بررسی بایستی به عنوان نژاد خالص قبلاً شناسایی و در سیستم تبارنامه بین‌المللی ثبت بوده و یا حداقل دارای فنوتیپ‌های مربوطه باشند. در این تحقیق از اسبهایی استفاده شده است که در سیستم تبارنامه انجمن ملی اسب به عنوان نژادهای خالص شناسایی و ثبت گردیده‌اند و یا صفات ظاهری مربوط به نژاد خود را دارا بوده‌اند. برای نژاد عرب سیستم تبارنامه بین‌المللی اسب‌های عرب ایرانی مورد بهره‌برداری قرار گرفت. بنابراین با توجه به جمعیت این نژاد که حدود ۲۰۰۰ رأس می‌باشد از اسبهای عرب موجود در نقاط مختلف کشور خونگیری به عمل آمد و در انتخاب آنها شجره خویشاوندی در نظر گرفته شد. از اسبچه خزر جهت اجتناب از اشتباه در انتخاب، اسبهای خالصی راکه در مراکز پرورش اسبچه خزر نگهداری می‌شوند و به عنوان اسبهای خالص شناخته شده‌اند خونگیری به عمل آمد. تعداد اسبها و مناطق مورد نمونه برداری در جدول -۱ نشان داده شده است.

جمع‌آوری نمونه‌های خون

خونگیری به وسیله ونوجکت خلاءدار حاوی ماده ضد انعقاد سیترات سدیم از سیاهرگ گردنی به اندازه ۴سی‌سی انجام شد. نمونه‌ها پس از سانتریفوژ در ۲۷۰-۴۴۰g به مدت ۵ دقیقه به دو قسمت پلاسما و گلبول قرمز تقسیم شدند. سپس گلبول قرمز پس از دوبار شستشو با سرم فیزیولوژی ۰/۸۵٪ همراه با لوله‌های حاوی پلاسما در یخدان قرار گرفتند و به کرج حمل گردیدند. و آنگاه در فریزر ۲۰- درجه‌سانتیگراد آزمایشگاه بخش بیوتکنولوژی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور جهت استفاده نگهداری شدند.

الکتروفورز

پنج نوع پروتئین مختلف پلاسمای خون از طریق الکتروفورز ژل پلی آکریلامید (جدول شماره ۲) مورد آزمایش قرار گرفتند. رنگ‌آمیزی پروتئین‌ها به روش Gahne و همکاران (۱۱) انجام پذیرفت. اسامی پروتئین‌های بررسی شده در جدول -۳ ارائه گردیده است. الکتروفورز با کمی تعدیل در روشهای منابع ذکر شده در جدول مذکور انجام پذیرفت.

محاسبه فراوانی ژن‌ها و تعیین تغییرپذیری ژنتیکی

محاسبه فراوانی ژن‌ها برای جایگاههای دارای آلل‌های هم غالب از روش مستقیم و برای جایگاههای حاوی آلل‌های مغلوب از روش Ito و Kanemaki انجام پذیرفت (۱۳). تغییر پذیری ژنتیکی در داخل هر جمعیت به اندازه‌گیری متوسط هتروزیگوسیته در هر فرد و تعداد آلل‌های مؤثر هر جایگاه تعیین گردید (۱۷، ۱۸). متوسط هتروزیگوسیته با استفاده از فرمول ذیل برآورد گردید.

$$\bar{H}=2n(1-X_i^2)/(2n-1)$$

که Xi آلل iام در یک جایگاه و n تعداد اسبان هر جمعیت و علامت بار متوسط کل جایگاههای آزمایش شده می‌باشد. تعداد آلل‌های موثر با استفاده از فرمول ذیل محاسبه گردید.

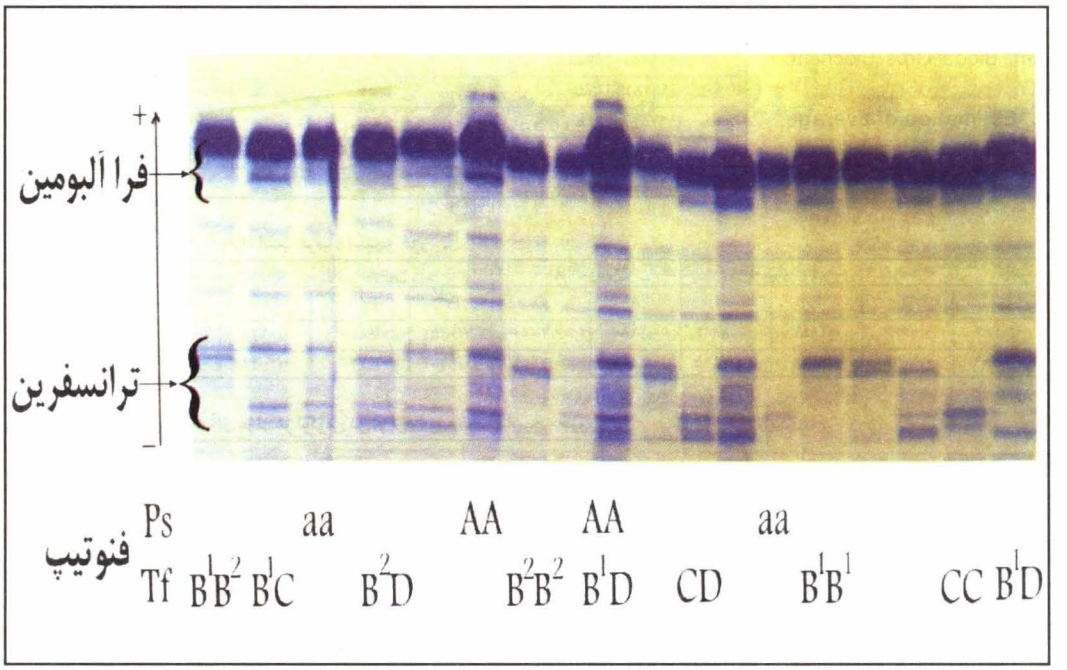
$$\bar{N}e=1/X_i^2$$

که Xi فراوانی الل iام در یک جایگاه و علامت بار متوسط کل جایگاههای آزمایش شده می‌باشد.

نتایج

چند شکلی پروتئین

معیار چند شکلی بودن جایگاه ژنی در این پژوهش این بود که وفور فراوان‌ترین آلل کمتر از ۹۹٪ باشد. در الکتروفورز ۵ جایگاه ارائه شده در جدول -۳ همه جایگاههای مورد آزمایش به صورت چند شکلی مشاهده شدند و تغییراتی را در داخل یا بین دو جمعیت نشان دادند. فراوانی آلل‌های محاسبه شده و نمونه‌های الکتروفورتیک فنوتیپ‌های پروتئین مشاهده شده در دو نژاد به ترتیب در جدول -۴ و تصاویر ۳-۱ ارائه گردیده است. همانطور که در شکل -۱ نشان داده شده است، در این پژوهش برای سیستم آلبومین سه فنوتیپ BB و AB، AA ملاحظه گردید. گرایش فراوانی دو آلل B و A در دو نژاد در یک جهت می‌باشد. ۵ فنوتیپ ۲-۲، ۳-۲، ۳-۳، ۴-۳، ۴-۴ برای پیش آلبومین در دو نژاد مشاهده گردید (شکل ۲). در اسبچه خزر فنوتیپ ۲-۲ دیده نشد. آلل Pr^3 فراوانترین آلل در هر دو نژاد بوده است. ولی فراوانی آن در نژاد عرب بیشتر از اسبچه خزر می‌باشد. در حالیکه آلل Pr^4 در اسبچه خزر نسبت به همین آلل در اسب عرب فراوان‌تر بوده است. برای فرا آلبومین با توجه به غالب بودن آلل A فقط دو فنوتیپ AA و aa مشاهده شد (شکل ۳). فراوانی آلل a در هر دو نژاد بیشتر از فراوانی آلل A بوده است ولی اختلاف فراوانی هر یک از دو آلل در هر دو نژاد زیاد نمی‌باشد. سه فنوتیپ II، FI، FF در سیستم استراز مشاهده شد (شکل ۲). فراوانی آلل I از آلل F در هر دو نژاد بیشتر می‌باشد. پروتئین ترانسفرین بیشترین تنوع فنوتیپی در دو نژاد داشت (شکل ۳). در اسبچه خزر دو فنوتیپ DD و CC دیده شد ولی نژاد عرب فاقد این دو فنوتیپ بوده است. هر چند که آللهای B2 , B1 بیشترین فراوانی و آللهای D و C



شکل شماره ۳- نمونه‌های الکتروفورتیک فرا آلبومین و ترانسفرین در دو جمعیت اسب عرب و اسبچه خزر

کمترین فراوانی را داشتند ولی آلل B^2 بیشترین فراوانی را در هر دو نژاد نشان داد.

تغییرپذیری ژنتیکی هر نژاد از فراوانی ژن‌ها در ۵ جایگاه کنترل کننده پروتئین‌های مورد بررسی تعیین و نتایج در جدول ۵ نشان داده شده است. متوسط هتروزیگوسیته و تعداد آلل‌های مؤثر در هر جایگاه در نژاد عرب (به ترتیب ۱/۵۶۷۰ و ۰/۳۶۸۸) کمتر از جمعیت اسبچه خزر (به ترتیب ۱/۸۶۵۴ و ۰/۴۴۹۴) می‌باشد.

بحث

علیرغم تنوع نسبتاً گسترده در اسبهای ایران، جمعیت تقریباً زیاد آن و نیز بی‌نظیر بودن بعضی از گروه‌ها، تاکنون تحقیقات محدودی با هدف بررسی‌های مرفولوژیکی و صفات تولید مثلی انجام پذیرفته است. در حالیکه تعیین ساختار ژنتیکی این گونه‌ها جهت معرفی به جهان، گزینش جمعیت‌ها جهت حفظ ذخیره ژنتیکی و اصلاح نژاد عملی در آینده بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از طرفی در سالهای اخیر به علت استقبال بیش از حد از سوارکاری و مسابقات اسبدوانی، پرورش اسب اهمیت در خور توجهی یافته است. به همین دلیل تلاقیهای مختلفی صورت می‌پذیرد که اطلاع از وضعیت ژنتیکی اعقاب را ضروری می‌سازد. در این رابطه شناسائی چند شکلی متغیرهای بیوشیمیائی ابزار مناسب جهت تحقیق این امر می‌باشد.

آلل‌های گزارش شده برای پروتئین آلبومین در نژادهای مختلف اسب شامل دو آلل B و A می‌باشد که معمولاً فراوانی آلل B نسبت به آلل A در نژادهای مورد بررسی بیشتر بوده است. ولی Blokhis و Buis در سال ۱۹۷۹ گزارش نمودند که فراوانی آلل A نسبت به آلل B در نژاد عرب قدری بیشتر می‌باشد (۱). پژوهش حاضر نشان داد که در هر دو نژاد فراوانی آلل A از آلل B بیشتر می‌باشد. لذا نتایج حاصله در خصوص اسب عرب با نتایج Blokhis و همکاران همانگی دارد. Nozava و همکاران در سال ۱۹۹۸، ۴ آلل Pr^1, Pr^2, Pr^3 و Pr^4 مشاهده نمودند که در همه نژادها از جمله عرب، فراوانترین الل، Pr^2 و کمترین آلل، Pr^4 بوده است (۱۹). از ۴ آلل گزارش شده توسط Nozava و همکاران، ۳ آلل Pr^4, Pr^2, Pr^3 در دو نژاد اسب عرب و اسبچه خزر مشاهده گردید. فراوانترین و نادرترین آلل‌های مشاهده شده به ترتیب (۰/۰۱۸۲) Pr^2 و (۰/۶۷۷۳) Pr^3 در اسبچه خزر بودند. اسبهای عرب ایرانی مورد بررسی در این تحقیق از نظر تعداد آلل و میزان فراوانی آلل‌های مشاهده شده با اسبهای عرب مورد بررسی Nozava و همکاران (۱۹) تفاوت دارند، هر چند که در پژوهش نامبردگان آلل Pr^4 بسیار ناچیز بوده است (۰/۰۰۹۸). برای این تفاوت دو علت می‌توان ذکر کرد: الف - کوچک شدن جمعیت اسب عرب ایرانی در طی سالهای اخیر و نتیجتاً کاهش شدید آلل‌هایی همانند آلل Pr^4 ب - احتمال تلاقی اسب عرب با دیگر نژادهای ایرانی که بنابراین آلل Pr^4 به ژنوتیپ این نژاد افزوده شده است.

از نظر فراوانی آلل‌های مربوط به سیستم فرا آلبومین، اطلاعات بدست آمده در این تحقیق با نتایج تحقیقات Ouragh و همکاران هماهنگی دارد که آلل A نسبت به آلل a در هر دو نژاد بیشتر است (۲۱).

آلل‌های مشاهده شده در سیستم استراز دو نژاد، I و F بودند که از نظر فراوانی در دو جمعیت تقریباً همگرائی داشتند و با نتایج تحقیقات Ouragh و همکاران در مورد اسب عرب مطابقت دارد (۲۲). در سیستم پروتئین ترانسفرین در نژادهای مختلف اسب شش آلل گزارش گردید که دراسب‌های عرب فقط پنج آلل A, B, C, D, E بود (۱، ۱۷). Nozava و همکاران در سال ۱۹۹۸ در نژاد عرب شش آلل A, D و B^1, B^2, C, E را گزارش نمودند (۱۹). در دو نژاد مورد بررسی یعنی اسب عرب و اسبچهٔ خزر آلل‌های B^1, D و B^2, C مشاهده گردید و شواهدی از حضور دیگر آلل‌ها بدست نیامد. فراوانترین آلل، B^2 بود که از این نظر با کلیه نژادهای مورد بررسی Nozava و همکاران شباهت دارد.

برآورد متوسط هتروزیگوسیته ($\bar{H}$) معیار مناسبی برای معرفی تغییرپذیری ژنتیکی در داخل جمعیت یا نژاد می‌باشد. متوسط هتروزیگوسیته اسب عرب برابر با ۰/۳۶۸۸ و متوسط هتروزیگوسیته اسبچهٔ خزر برابر با ۰/۴۴۹۴ می‌باشد و تعداد آلل مؤثر نیز در این دو جمعیت به ترتیب ۱/۵۶۷۰ و ۱/۸۶۵۴ می‌باشد، این اطلاعات نشان دهندهٔ آن است که اسبچه خزر از تنوع ژنتیکی بیشتری نسبت به اسب عرب برخوردار می‌باشد. این نتایج در هماهنگی با گزارش دیگر پژوهشگران می‌باشد (۱۲، ۱۸،، ۱۹، ۲۲). Dubrorskaya و همکاران در سال ۱۹۹۲ با بررسی پلی مورفیسم ۳ سیستم پروتئینی آلبومین، استراز و ترانسفرین در ۲۶ نژاد مختلف اسب نشان دادند که تنوع ژنتیکی نژادهای اسب اصلاح نشده (بومی) نسبت به نژادهای اصلاح شده بیشتر است (۸). با توجه به نتایج Dubrorskaya متوسط هتروزیگوسیته کمتر اسب عرب نسبت به اسبچهٔ خزر نشان دهندهٔ سابقهٔ بیشتر انجام اصلاح نژاد در این نژاد نسبت به اسبچهٔ خزر می‌باشد. در هر حال هر دو نژاد با توجه به ۵ لوکوس بررسی شده از تغییرپذیری ژنتیکی نسبتاً خوبی برخوردار می‌باشند. اما نتیجه گیری دقیقتر مستلزم بررسی دیگر لوکوسهائی می‌باشد که تا کنون در سایر نژادها شناسائی گردیده‌اند (۱۹).

سپاسگزاری

از سرکار خانم لوئیس فیروز و آقایان دکتر میریان و

جدول شماره ۳- اسامی پروتئین‌های بررسی شده

پروتئین	لوکوس	منبع
آلبومین	Aib	نوزاوا و همکاران (۱۹۷۵)
فرا آلبومین	Pas	اوراف و همکاران (۱۹۷۸)
پیش آلبومین	Pr	نوروزاوا و همکاران (۱۹۷۵)
استراز	Es	نوزاوا و همکاران (۱۹۷۵)
ترانسفرین	Tf	نوزاوا و همکاران (۱۹۷۵)

جدول شماره ۴- فراوانی آلل‌ها در پنج لوکوس در دو نژاد اسب عرب و اسبچه خزر

پروتئین	آلبومین		پیش آلبومین			فراآلبومین		استراز		ترانسفرین			
نژاد	B	A	Pr^4	Pr^3	Pr^2	α	A	I	F	D	C	B^2	B^1
عرب	۰/۴۸۰۶	۰/۵۱۹۴	۰/۰۲۳۸	۰/۸۸۱۰	۰/۰۹۵۲	۰/۷۰۲۰	۰/۲۹۸۰	۰/۸۸۱۶	۰/۱۸۸۴	۰/۰۶۶۶	۰/۰۶۶۶	۰/۶۷۶۶	۰/۱۹۰۲
اسبچه خزر	۰/۴۱۳۶	۰/۵۸۶۴	۰/۳۰۴۵	۰/۶۷۷۳	۰/۰۱۸۲	۰/۷۴۳۹	۰/۲۵۶۱	۰/۷۸۹۵	۰/۲۱۰۵	۰/۱۰۱۸	۰/۰۵۰۹	۰/۵۵۵۶	۰/۲۹۱۷

جدول شماره ۵- متوسط هتروزیگوسیته و تعداد آلل مؤثر هر لوکوس در دو نژاد اسب عرب و اسبچه خزر

نژاد	متوسط هتروزیگوسیته	تعداد آلل مؤثر
اسبچه خزر	۰/۴۴۹۴	۱/۸۶۵۴
اسب عرب	۰/۳۶۸۸	۱/۵۶۷۰

دکتر درداری بخاطر همکاری در تهیه نمونه‌های خون اسبچه خزر سپاسگزاری می‌گردد. و نیز از آقای مهندسی یوسف نیاء که با در اختیار گذاشتن شجره‌نامه اسبهای عرب و تهیه نمونه‌ها ما را در انجام این پژوهش یاری نموده‌اند صمیمانه قدردانی می‌گردد.

پاورقی‌ها

1- Postalbumin
2- Prealbumin
3- Parentage test

منابع مورد استفاده

1- Blokhis, H.J. and C. Buis, 1979. Genetic relationship between breeds of horses and ponies in the Netherland. Anim. Blood Grps Biochem. Genet, 10:21-38.
2- Bowling, A.T., Horse genetics, 1996. CAB Int. pp. 224.
3- Braend, M., 1964. Serum type in Norvegian horses. Nord. Vet. Med., 16: 367-373.
4- Braend, M., 1967. Variation of horse prealbumin in acidic gel slabs. Am. J. Clin. path., 62: 732-739.
5- Braend, M. and C. Stormont, 1964. Studies on hemoglubin and transferrin types of horses, Nord. Vet. Med. 10: 31-37.
6- Braend, M., 1970. Genetics of horse acidic prealbumin. Genet., 65: 495-503
7- Dogrul, F., 1975. A starch-gel eletrophoretic study of blood protein polymorphism in horses and it´s genetic control. Vet. Hekim-derm-derg, 45: 5-13.
8- Dubrovskaya, R.M. I.M. Starodumov, and L. Bannikova, 1992. Genetic differentiation of horse breeds from blood protein polymorphic loci. Genetic - Moskva, 28: 152-165.
9- Fisher, R.A. and A.M.. Scott, 1978. Isoelectric focusing of horse serum esterase isozymes and detection of new phenotypes. Anim. Blood Grps Biochem. Genet., 9: 207-213.
10- Gahne, B.R., 1966. Studies on the inheritance of electrophoretic forms of transferrin, albumins, prealbumins and plasma esterase of horses. Genet., 53: 681-694.
11- Gahne, B.R., K. Juneja and J. Crolmus, 1977. Horizontal polyacrylamide gradient gel electrophoresis for the simultaneous phenotyping of transferrin. post-transferrin, albumin and post-albumin in the blood plasma of cattle. Anim Blood Grps Biochem Genet., 8:127-137.
12- Gurin, G. and JC. Meriaux, 1986. The distribution of blood markers in horse breed. Analysis of a sample of thoroughbred, French trotters and French saddle horse. 12 Eme. J. de-la-recherche-chevaline, 12:2-13.
13- Ito, S. and M. Kanemaki, 1987. A computer - aided procedure for finding probable phenotype distribution in bovine B blood group system. Jap. J. Zootech. Sci., 58: 561-603.
14- Janiszeka, J., T. Guszkie and K, Weiz, 1990. Polymorphism of blood proteins in Ardenne hores reared in Poland. Genetica - Polonica, 31: 137-144.
15- Matthews, A.G., 1979. Isoelectric focusing of horse acidic prealbumin on thin-layer polyacrylamide gels. Anim. Blood Grps Biochem. Genet, 10:219-226.
16- Mc Guirem T.R. and L.R. Wetkamp, 1980. Equine marker genes. Polymorphism for transferrin alleles Tf^{F1} and Tf^{F2}, in throughbreds. Anim. Blood Grps Biochem. Genet., 11: 113-117.
17- Nei, M., 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genet., 89: 583-590.
18- Nozava, K., T. Shotake and T. Ohkura, 1975. Blood protein varaitions within and between the East Asian and European horse populations. Tierzuchtg, Zuchtgsbilo, 93: 60-74.
19- Nozava, K., T. Shotake, S. Ito and Y. Kawamoto, 1998. Phylogenetic relationship among Japanese native and alien horses estimated by protein polymorphisms. J. Equine Sci., 9: 53-69.
20- Osterhoff, D.R. and Wardcox, 1968. Blood group and serum type studies in Basuto ponies. XI. The European Conf. on Anim. Blood Grps and Biochem. polymorphism, 454-457.
21- Ouragh, L. 1987. Les variants electrophoretique proteiques chez le cheval. Pec. Med. Vet., 163(1): 57-65.
22- Ouragh, L., JC., Meriaux, JP. Braun, 1994. Genetic blood markers in Arabian, Barb and Arab-Barb horse in Moracco. Anim. genet., 25:45-47.
23- Scott, A.M., 1972. Improved separation of polymorphic esterase in horses. Proc. 12th Eur. Cof. Anim. Blood Grps and Biochem. Polymprphism (Budapest, 1970): 551-553.
24- Scott, A.M., 1976. Immunogenetic analysis as a mean of idnetification in horses. Proc. 4th. Conf. Equine Infectious Dis. (Lyon, 1976). Vete. Publi., New Jersy, pp. 259-268.
25- Washburn, K.W., Y. Maeda and G.M. Lanza, 1980 Protein polymorphism in a randombred chicken population. Anim. Blood Grps and Biochem. Gent., 11: 261-269.