تولیدات دامی
دوره ۲۴ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۱
صفحه‌های ۲۱-۱۳
DOI: 10.22059/jap.2022.325752.623625

مقاله پژوهشی

واکاوی ژنتیکی و فنوتیپی دوشکلی جنسی در پاسخ ایمنی هومورال در سویه‌های وحشی و خالدار ایتالیایی بلدرچین

حمیده نوری صادق[۱]، علی مقصودی[۲*]، محمد رکوعی[۳]، هادی فرجی آروق[۴]، مهدی جهانتیغ[۵]
۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران؛ دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۴. استادیار، پژوهشکده دام‌های خاص، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۵. دانشیار، گروه کلینیکال پاتولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۰۶

چکیده
هدف از این پژوهش، بررسی پاسخ ایمنی هومورال علیه گلبول قرمز گوسفند (SRBC) و ویروس بیماری نیوکاسل (NDV) در دو جنس نر و ماده از دو سویه وحشی و خالدار ایتالیایی بلدرچین بود. برای مقایسه فنوتیپی دو جنس از مدل واکاوی یک طرفه و برای واکاوی ژنتیکی یک مدل دام ساده با فرض وجود تفاوت مؤلفه‌های واریانس بین دو جنس از بسته نرم‌افزاری MCMCglmm نرم‌افزار R استفاده شد. مقایسه فنوتیپی در دو جنس نر و ماده در هیچ‌یک از سویه‌ها تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در هر دو سویه، وراثت‌پذیری پاسخ‌های ایمنی هومورال در نرها بالاتر از ماده‌ها برآورد شد. در سویه وحشی برآورد وراثت‌پذیری IgT در نرها (۰/۱۸۷) و IgY در ماده‌ها (۰/۱۷۷) بالاتر از سایر پاسخ‌های علیه SRBC بود. بالاترین وراثت‌پذیری مربوط به پاسخ ایمنی علیه NDV بود، به‌طوری‌که در جنس نر و ماده سویه وحشی به‌ترتیب ۰/۲۱۴ و ۰/۲۶۸ برآورد شد. براساس نتایج حاصل، انتخاب ژنتیکی برای پاسخ سیستم ایمنی علیه نیوکاسل موجب بهبود عملکرد سیستم ایمنی می‌شود. با توجه به برآورد بالاتر وراثت‌پذیری پاسخ‌های ایمنی در نرها، انتخاب ژنتیکی این صفات به‌ویژه علیه NDV در نرها موجب پیشرفت ژنتیکی بیش‌تری می‌شود.

کلیدواژه‌ها: آنتی‌ژن، پارامتر ژنتیکی، پاسخ ایمنی، نیوکاسل، وراثت‌پذیری.

Genetic and phenotypic analysis of sexual dimorphism of the humoral immune response in wild and speckled Italian quail strains

Hamideh Nouri Sadegh[1], Ali Maghsoudi[2*], Mohammad Rokouei[3], Hadi Faraji-Arough[4], Mehdi Jahantigh[5]
1. Former M.Sc. Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
2. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran; Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University,Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
4. Assistant Professor, Research Center of Special Domestic Animals, University of Zabol, Zabol, Iran.
5. Associate Professor, Clinical Pathplogy, Faculty of Vatarinary, University of Zabol, Zabol, Iran.
Received: June 27, 2021 Accepted: November 27, 2021

Abstract
The aim of this research was to investigate the immune system responses against sheep red blood cells (SRBC) and Newcastle disease virus (NDV) in two sexes of both wild and Italian speckled quails. To compare phenotypic differences of two sexes for humoral immune responses a one-way analysis was applied, and a simple animal model using the MCMCglmm package of R software was used for genetic analysis, assuming variance components between the two sexes are different. Phenotypic comparison between males and females did not show a significant difference in any of the strains. In both strains, heritability of humoral immunity in males was higher than females. Results indicated that heritability of IgT in males (0.187), and IgY in females (0.177) were higher than other estimates in wild strain. The highest heritability was related to the NDV, which was estimated to be 0.214 and 0.268 in males and females, respectively. Therefore, genetic selection for IgN can be expected to improve the performance of the birds' humoral immune system. Likewise, according to the higher estimates of immune responses in males, genetic selection of humoral immune responses for IgN, leads to higher genetic progression.

Keywords: Antigen, Genetic parameters, Heritability, Immune response, Newcastle.

* نویسنده مسئول Email: Alimaghsoudi@uoz.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر همراه با رشد جمعیت در جهان، پرورش پرندگان به‌عنوان تولیدکنندگان منابع پروتئینی در دسترس و ارزان قیمت گسترش یافته است، به‌طوری‌که امروزه گوشت سفید پرندگان رتبه نخست تأمین پروتئین حیوانی در سبد غذایی مردم جهان را به‌دست آورده است. علاوه بر توسعه فراگیر مرغ اهلی در بسیاری از نقاط دنیا، پرورش سایر پرندگان از جمله بلدرچین نیز رواج پیدا کرده است. در سایه توسعه صنعت پرورش بلدرچین و با درنظرگرفتن ارزش اقتصادی، سویه‌های مختلفی از بلدرچین موردمطالعه قرار گرفته‌اند. بلدرچین ژاپنی (*Coturnix coturnix japonica*) به‌عنوان یک پرنده دومنظوره و با توجه به توانایی تولید گوشت و تخم مناسب بیش‌تر موردتوجه قرار گرفته است. سویه‌های بلدرچین وحشی (wild) و خالدار ایتالیایی (Italian speckled) از جمله سویه‌های بلدرچین ژاپنی هستند. بیش‌ترین پژوهش‌ها بر روی بلدرچین مربوط به سویه وحشی بلدرچین ژاپنی بوده و به اهمیت و توانایی تولیدی سایر سویه‌ها کم‌تر پرداخته شده است [۱ و ۳].

با توجه به ارتباط ژنتیکی وزن بدن با مقدار گوشت (لاشه) تولیدی و هم‌چنین ارتباط منفی با صفات تخم‌گذاری، اغلب مطالعات در بلدرچین بر روی صفات رشد متمرکز شده است [٤، ٥] و صفات دیگر از جمله پاسخ‌های سیستم ایمنی در بلدرچین کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است [٦، ٧]. مرسوم‌ترین بخش‌های ارزیابی عملکرد سیستم ایمنی پرندگان، ایمنی هومورال است که اغلب در پاسخ به پاتوژن‌ها، واکسن‌ها و برخی آنتی‌ژن‌های غیربیماری‌زا مانند گلبول قرمز گوسفند سنجیده می‌شود [۸].

عملکرد سیستم ایمنی و در پی آن مقاومت بسیاری از جانوران به عوامل بیماری‌زا در دو جنس نر و ماده متفاوت است [۹ و ۱۰]. به‌عبارت دیگر، دو شکلی جنسی در پاسخ‌های ایمنی هومورال، سلولی و ذاتی در سنین مختلف در پرندگان مشاهده می‌شود [۱۱]. اختلاف پاسخ ایمنی در دو جنس اهمیت زیادی دارد، به‌طوری‌که تفاوت در عملکرد سیستم ایمنی در انسان موجب شده است تا در سال‌های اخیر پیشنهاد شود که برای ایمنی‌زایی علیه بیماری‌های مختلف در نوزادان پسر و دختر، دزهای متفاوتی از واکسن در نظر گرفته شود [۹]. تفاوت عملکرد سیستم ایمنی در دو جنس به مرحله بلوغ و شرایط فیزیولوژیکی خاص هر جنس و عواملی مانند نوع و غلظت هورمون‌های ترشح شده در بدن آن‌ها برمی‌گردد، به‌طوری‌که در اغلب گونه‌ها جنس ماده در مقابل بسیاری از عفونت‌ها نسبت به جنس نر مقاوم‌تر است [۱۲]. ازآنجایی‌که سیستم ایمنی نوزاد اغلب جانوران در ابتدای دوره زندگی به قدر کافی تکامل نیافته است، مادر ایمنی نوزاد را تأمین می‌کند. باقیمانده کیسه زرده در پرندگان [۱۳] و آغوز در پستانداران [١٤] این وظیفه را به‌عهده دارد. به همین جهت پاسخ‌های سیستم ایمنی اکتسابی در جنس ماده قوی‌تر از جنس نر است.

مطالعات متعددی درخصوص بررسی دو شکلی جنسی در بلدرچین بر روی صفات رشد [۱۵ و ۱۷]، بازده مصرف خوراک [۱۷] و کیفیت و کمیت گوشت و لاشه [۱۵ و ۱۸] انجام شده است. اما براساس بررسی‌های انجام‌شده تاکنون مقایسه فنوتیپی و ژنتیکی عملکرد سیستم ایمنی هومورال در بلدرچین انجام نشده است. تجربه اصلاح‌نژاد مرغ‌های گوشتی و تخم‌گذار نشان داده است که موفقیت این صنعت در گرو تأمین نیازمندی‌های پرندگان نر و ماده به‌طور مجزا است [۱۵]. با توجه به شرایط متفاوت فیزیولوژیکی برای بهینه‌شدن تولید به‌ویژه شرایط تغذیه دو جنس مطابق با نیازمندی‌های آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. توسعه پرورش بلدرچین چالش‌های

جدیدی را پیش روی این صنعت نهاده است که یکی از آن‌ها تفاوت پاسخ‌های دو جنس نر و ماده نسبت به شرایط پرورش است. از طرفی ممکن است پاسخ جنس نر و ماده بلدرچین به اجرام بیماری‌زا متفاوت باشد، که می‌تواند در برنامه‌های واکسیناسیون موردتوجه قرار گیرد. لذا، هدف این پژوهش، مقایسه تفاوت‌های فنوتیپی و ژنتیکی پاسخ‌های ایمنی هموورال علیه گلبول قرمز گوسفند و واکسن نیوکاسل در دو جنس نر و ماده سویه‌های وحشی و خالدار ایتالیایی بلدرچین بود.

مواد و روش‌ها

داده‌های این پژوهش از دو جمعیت بلدرچین ژاپنی شامل سویه‌های وحشی و خالدار ایتالیایی به‌دست آمد. این دو جمعیت در یک سالن و تحت شرایط مدیریتی یکسان پرورش داده شدند. در نسل نخست، ٤٠٠ جوجه یک‌روزه از هر یک از دو سویه با شماره بال تعیین هویت شدند. همه پرندگان تا سن ۲۱روزگی در قفس‌های گروهی با ٤٠ پرنده در هر قفس نگهداری شدند. از سن ۲۱روزگی تا ٤٥روزگی جنس‌های نر و ماده به‌منظور جلوگیری از آمیزش کنترل نشده جدا شدند. در سن ٤٥ روزگی، پرندگان نر و ماده جنس به‌صورت تصادفی در قفس‌هایی با گنجایش دو پرنده (یک نر و یک ماده) قرار گرفتند. شماره پرندگان و شماره قفس به‌منظور تعیین خانواده‌ها ثبت شد.

تخم پرندگان از سن ۷۰ روزگی تا ۸۰ روزگی جمع‌آوری شده و پس از ضدعفونی در اتاق سرد با دمای ۱۲–۱٦ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۰ درصد تا زمان قراردادن در دستگاه جوجه‌کشی (بلدرچین دماوند، ایران) نگهداری شدند. در روز پنجم و دهم از زمان شروع جمع‌آوری تخم (سن ۷۵ و ۸۰ روزگی پرندگان والد) تخم‌ها به جوجه‌کشی منتقل شدند و برای تجدید هر نسل دو مرتبه جوجه‌کشی انجام شد. این فرایند طی چهار نسل ادامه یافت. پرندگان با جیره استاندارد حاوی ۲۵۵ گرم بر کیلوگرم پروتئین خام و ۱۲/۳ مگاژول بر کیلوگرم انرژی متابولیسمی در دوره رشد تا ٤٥ روزگی و حاوی ۲۰۱ گرم بر کیلوگرم پروتئین خام و ۱۱/۷ مگاژول بر کیلوگرم در دوره تخم‌گذاری تغذیه شدند. در کل دوره آب و دان به‌صورت آزاد در اختیار پرندگان بود و یک برنامه نوری شامل ۲۰ ساعت روشنایی و چهار ساعت تاریکی در کل دوره اعمال شد.

در هر نسل تمام پرندگان در سن ۲٤ روزگی با واکسن نیوکاسل B۱ به‌صورت چشمی واکسینه شدند. هم‌چنین در سنین ۳۱ و ۳۸ روزگی به سمت چپ عضله سینه هر یک از پرندگان مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر از سوسپانسیون پنج درصد SRBC در بافر فسفات (PBS) استریل تزریق شد. در سن ٤٥روزگی، نمونه خون از ورید بالی پرندگان توسط سرنگ انسولین گرفته شد. در محل نمونه‌گیری، نمونه‌ها روی یخ نگهداری شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه با سانتریفیوژ (پارس آزما، ایران) با دور g ۲۵۰۰ به‌مدت ۱۰ دقیقه و دمای چهار درجه سانتی‌گراد سرم جداسازی شد. نمونه‌های سرم تا زمان آزمایش در دمای ۸۰– درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

عیار آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل (IgN) توسط روش ممانعت از آگلوتیناسیون سنجیده شد. برای تعیین عیار آنتی‌بادی کل علیه SRBC (IgT) ابتدا سرم در دمای ٥٦ درجه سانتی‌گراد به‌منظور غیرفعال‌سازی سیستم کمپلمان در بن‌ماری به‌مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده شد. سپس یک سری رقت از هر یک از نمونه‌های سرم در بافر فسفات (۰/۰۱ mol/L و pH=۷/٤) در میکروپلت با گوده U شکل به تعداد ۱۲ مرتبه ایجاد شد. با تیمار سری رقت ایجادشده با سوسپانسیون یک درصد SRBC در دمای اتاق هماگلیوتیناسیون نمونه‌ها بررسی شد و log2 نمونه

هماگلوتینه‌شده به‌عنوان پاسخ ایمنی پرندگان ثبت شد. به‌منظور تعیین ایمونوگلوبولین Y (IgY) فرایند فوق با جایگزینی محلول ۱/٤ درصد ۲-مرکاپتواتانول به جای PBS انجام شد. هر یک از اندازه‌گیری‌ها دو مرتبه تکرار شدند و میانگین دو پاسخ به‌عنوان پاسخ سیستم ایمنی هومورال منظور شد. در مواردی که اختلاف دو آزمایش بیش‌تر از یک واحد بود، آزمایش تکرار شد. به‌منظور تعیین عیار ایمونوگلوبولین M (IgM) مقدار به‌دست‌آمده برای IgT از IgY کسر شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار R (نسخه 3.4.1) برای مدل (۱) تجزیه و میانگین‌ها با روش توکی- کرامر مقایسه شدند. ساختار داده‌های مورداستفاده در این مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است.

$$y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این مدل، y_{ij}، مشاهده jام از جنس iام؛ μ، میانگین جمعیت؛ S_i، جنس iام (نر و ماده) و e_{ij}، خطای آزمایشی است.

با توجه به ساختار داده‌ها (چهار نسل اطلاعات برای بلدرچین سویه وحشی و سه نسل برای بلدرچین سویه خالدار ایتالیایی) و هدف مطالعه، تنها اثر تصادفی حیوان به‌منظور برآورد اثر ژنتیکی افزایشی مستقیم با فرض وجود تفاوت مؤلفه‌ها بین دو جنس در مدل در نظر گرفته شد. به همین منظور، از یک مدل دام ساده با قابلیت تفکیک برآوردها بین دو جنس (رابطه ۲) استفاده شد.

$$y = Xb + Za + e \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این مدل، y، بردار مشاهدات (هر یک از صفات در جنس iام)؛ b، بردار مربوط به اثرات ثابت نسل و هچ برای هر یک از صفات در جنس؛ a، بردار مربوط به اثرات تصادفی حیوانات برای هر یک از صفات در جنس و ماتریس‌های X و Z که مشاهدات را به‌ترتیب به آثار ثابت و تصادفی ارتباط می‌دهند و e، بردار اثرات باقیمانده است. برآورد مؤلفه‌های واریانس با بسته آماری MCMCglmm انجام شد [۲۰]. برای این منظور، به تعداد یک میلیون نمونه با قلق‌گیری یک صدهزار نمونه و فاصله نمونه‌گیری ۱۰۰ تولید شد. به همگرایی رسیدن زنجیره نمونه‌گیری در نظر گرفته شده با روش تشخیصی جی‌ویک بسته نرم‌افزاری BOA کنترل شد [۱۹].

جدول ۱. ویژگی‌های داده‌های مورداستفاده در سویه وحشی و خالدار ایتالیایی

پاسخ ایمنی هومورال	تعداد رکورد	میانگین ± انحراف معیار	کم‌ترین	بیش‌ترین
سویه وحشی				
IgT*	۱۰۲۳	٤/۱۷۰ ± ۱/۲۸۲	۰/۵	۱۱/۵
IgY	۱۰۲۳	۲/۹٤٤ ± ۰/۷۲۲	۰/۵	۹
IgM	۱۰۲۳	۱/۱۷٦ ± ۰/٤٤۱	۰/۵	۹
IgN	۹۱۵	۷/٦۵۳ ± ۲/۰٦۳	۱	۱۲
سویه خالدار ایتالیایی				
IgT	۹۳۵	۳/۹۰۰ ± ۱/۲۱۸	۱/۵	۹/۵
IgY	۹۳۵	۲/۳۵۷ ± ۰/۵۲٦	۱	٦
IgM	۹۳۵	۱/۵٤۳ ± ۰/۳۹۷	۰/۵	٦
IgN	۸۲۹	۹/۰۳٤ ± ۲/٤۲۷	۱	۱۲

IgT: Log 2 عیار ایمنی هومورال کل علیه SRBC (Log2)، IgY: عیار ایمونوگلوبولین Y علیه SRBC، IgM: عیار ایمونوگلوبولین M علیه SRBC، و IgN: پاسخ ایمنی هومورال علیه واکسن نیوکاسل (NDV).

نتایج و بحث

مقایسه فنوتیپی پاسخ‌های ایمنی هومورال بین نرها و ماده‌ها در دو سویه وحشی و خالدار ایتالیایی در جدول (۲) نشان داده شده است. در هیچ‌یک از دو سویه تفاوت پاسخ ایمنی هومورال در دو جنس معنی‌دار نبود. ثبت پاسخ‌های ایمنی هومورال پرندگان در سن ٤٥ روزگی انجام شد که سن آغاز تخم‌گذاری در ماده‌ها است. لذا پاسخ بالاتر در ماده‌ها می‌تواند ناشی از آثار مادری و در پاسخ به عملکرد جنس ماده در جهت تأمین آنتی‌بادی‌های موردنیاز در تخم باشد [۲۱]. در مرغ بومی و یک لاین سنگین وزن تجاری، عملکرد سیستم ایمنی هومورال علیه SRBC برای IgT و IgY در هر دو جنس نر و ماده از پاسخ‌های ایمنی هومورال در مطالعه حاضر بر روی سویه‌های وحشی و خالدار ایتالیایی بالاتر بود [۱۱]، درحالی‌که عملکرد IgM در سویه‌های بلدرچین موردبررسی در مطالعه حاضر بالاتر از سویه‌های مرغ بود. در مطالعه پاسخ‌های ایمنی در دو جنس نر و ماده مرغ، مقادیر IgT و IgY در جنس ماده یک لاین تجاری بالاتر از جنس نر بود، هرچند تفاوتی در عملکرد دو جنس نر و ماده سویه بومی مشاهده نشد [۱۲]. پاسخ‌های ایمنی هومورال علیه SRBC در مراحل اولیه تخم‌گذاری در جنس ماده در هر دو سویه تجاری و بومی بیش‌تر از سنین پایانی دوره تخم‌گذاری گزارش شد [۱۲]. مطالعه عملکرد سیستم ایمنی گنجشک در مراحل مختلف زندگی نیز نشان‌دهنده پاسخ‌های ایمنی قوی‌تر در ماده‌ها نسبت به جنس نر بود [۲۲]. در بلدرچین ژاپنی، تفاوتی در تعداد گلبول‌های سفید دو جنس نر و ماده در سنین مختلف گزارش نشد [۲۳].

براساس بررسی‌های انجام‌شده، به‌نظر می‌رسد تاکنون پژوهشی درخصوص برآورد پارامترهای ژنتیکی پاسخ‌های ایمنی هومورال در دو جنس نر و ماده در بلدرچین گزارش نشده است، لذا مطالعه حاضر می‌تواند نخستین گزارش باشد. برآورد پارامترهای ژنتیکی پاسخ ایمنی هومورال علیه SRBC و NDV در دو جنس نر و ماده در سویه وحشی در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۲. میانگین پاسخ‌های ایمنی هومورال در نرها و ماده‌های دو سویه بلدرچین وحشی و خالدار ایتالیایی

پاسخ‌های ایمنی هومورال	ماده‌ها	نرها	SEM	P value
سویه وحشی				
IgT	٥/٠٦٥	٤/١٤٢	٠/٩٠٩	٠/١٥٥
IgY	٣/٠٩٢	٢/٨٦٤	٠/٣٠١	٠/٧٦٩
IgM	١/٩٧٣	١/٢٧٨	٠/٦٨١	٠/١٤١
IgN	٧/٨٩٩	٧/٢٥٣	٠/٦٠٣	٠/٥٣٩
سویه خالدار ایتالیایی				
IgT	٤/١٠٨	٣/٨٩٧	٠/٦٠٨	٠/٣٦٥
IgY	٢/٨٦٧	٢/٢٦٨	٠/٥١٣	٠/١٦٦
IgM	١/٢٤١	١/٦٢٩	٠/٧١٠	٠/١٩٨
IgN	٩/٠٧١	٨/٥٤٦	٠/٦٨٧	٠/٢٢٣

IgT: Log 2 عیار ایمنی هومورال کل علیه SRBC (Log2)، IgY: عیار ایمونوگلوبولین Y علیه SRBC، IgM: عیار ایمونوگلوبولین M علیه SRBC، و IgN: پاسخ ایمنی هومورال علیه واکسن نیوکاسل (NDV).

جدول ۳. برآورد پارامترهای ژنتیکی پاسخ ایمنی هومورال در دو جنس نر و ماده در سویه وحشی

ایمنی هومورال	واریانس فنوتیپی		واریانس افزایشی		وراثت‌پذیری± انحراف استاندارد		واریانس محیطی	
جنس	نرها	ماده‌ها	نرها	ماده‌ها	نرها	ماده‌ها	نرها	ماده‌ها
IgT	۲/۲۳۰	۲/٤۳٥	۰/٤۱۷	۰/۳۷۲	۰/۱۸۷ ± ۰/۰۰۸	۰/۱٥۳ ± ۰/۰۲۱	۱/۸۱۳	۲/۰٦۳
IgY	۱/٦۰۹	۱/٦۷٦	۰/۲۱۱	۰/۲۹٦	۰/۱۳۱ ± ۰/۰۰۹	۰/۱۷۷ ± ۰/۰۱۷	۱/۳۹۸	۱/۳۸۰
IgM	۰/۹٥۱	۱/۰٦۲	۰/۱۱۷	۰/۱۲۱	۰/۱۲۳ ± ۰/۰۰۳	۰/۱۱٤ ± ۰/۰۱٥	۰/۸۳٤	۰/۹٤۱
IgN	۲/۹٤٤	۳/۱۷۹	۰/٦۳۰	۰/۸٥۱	۰/۲۱٤ ± ۰/۰۰۲	۰/۲٦۸ ± ۰/۰۳۰	۲/۳۱٤	۲/۳۲۸

IgT: Log 2 عیار ایمنی هومورال کل علیه SRBC (Log2)، IgY: عیار ایمونوگلوبولین Y علیه SRBC، IgM: عیار ایمونوگلوبولین M علیه SRBC، و IgN: پاسخ ایمنی هومورال علیه واکسن نیوکاسل (NDV).

بیش‌ترین برآورد وراثت‌پذیری در پاسخ ایمنی هومورال علیه SRBC در مورد IgT در پرندگان نر مشاهده شد، که بالاتر از مقدار آن در ماده‌ها بود (۰/۱۸۷ در مقایسه با ۰/۱٥۳). در هر دو جنس سویه وحشی، در مورد IgM کم‌ترین برآورد وراثت‌پذیری به‌دست آمد، هرچند اختلاف کمی بین برآوردهای دو جنس مشاهده شد. در سویه وحشی برآورد وراثت‌پذیری علیه NDV در ماده‌ها بیش‌تر از نرها بود (۰/۲٦۸ در مقایسه با ۰/۲۱٤) که نشان می‌دهد تنوع بیش‌تری برای این دو صفت در بلدرچین ماده است. لذا در برنامه‌های اصلاح نژادی می‌تواند پاسخ بهتری نسبت به انتخاب در جنس نر نشان دهد. با استفاده از سه نسل اطلاعات پاسخ ایمنی هومورال در بلدرچین ژاپنی سویه وحشی و با درنظرگرفتن اثر جنس به‌عنوان اثر ثابت در مدل، وراثت‌پذیری IgT، IgY و IgM به‌ترتیب ۰/۲۱، ۰/۲٤ و ۰/۲۰ برآورد شد که بالاتر از مقادیر برآوردشده در مطالعه حاضر بود [۷]. تفاوت در نتایج تحقیق حاضر با سایر با سایر مطالعات ممکن است به دلایل مختلف از جمله ساختار داده‌ها، مدل مورد استفاده، روش برآورد مؤلفه‌های واریانس، تعداد داده و ... متفاوت باشند. با وجود این، با توجه به اینکه مطالعه مشابهی در خصوص برآورد مستقل وراثت‌پذیری پاسخ‌های ایمنی هومورال در دو جنس نر و ماده بلدرچین وجود ندارد، به‌منظور آگاهی از ماهیت ژنتیکی این صفات مطالعه حاضر ضروری به‌نظر می‌رسد.

در جدول (٤) برآورد پارامترهای ژنتیکی پاسخ ایمنی هومورال علیه SRBC و NDV در دو جنس نر و ماده در سویه خالدار ایتالیایی آورده شده است. در سویه خالدار ایتالیایی، بجز وراثت‌پذیری IgT در جنس ماده (۰/۱٤۷) تمامی مقادیر وراثت‌پذیری پاسخ‌های ایمنی هومورال در دو جنس نر و ماده بیش‌تر از وراثت‌پذیری پاسخ‌های متناظر در سویه وحشی برآورد شد. لذا می‌توان استنباط نمود که پاسخ‌های ایمنی هومورال در سویه خالدار ایتالیایی بیش‌تر از سویه وحشی تحت تأثیر اثر ژنتیکی افزایشی مستقیم قرار دارد. وراثت‌پذیری IgT در بلدرچین نر خالدار ایتالیایی ۰/۳٤۲ برآورد شد که بیش‌تر از وراثت-پذیری این صفت برای ماده‌های این سویه (۰/۱٤۷) و وراثت‌پذیری این صفت برای نرهای سویه وحشی (۰/۱۸۷) است. در بین برآوردهای وراثت‌پذیری پاسخ‌های سیستم ایمنی هومورال علیه SRBC در سویه خالدار ایتالیایی بیش‌ترین پاسخ‌ها به IgY تعلق دارد (۰/٤۱۹ برای نرها و ۰/۲٦۸ برای ماده‌ها). وراثت‌پذیری IgY در نرهای سویه خالدار ایتالیایی بیش از سه برابر مقدار برآوردشده برای نرهای سویه وحشی است (۰/٤۱۹ در مقایسه با ۰/۱۳۱). هم‌چنین این برآورد در نرهای سویه خالدار

ایتالیایی بیش‌تر از برآورد وراثت‌پذیری در ماده‌های این سویه است. لذا می‌توان انتظار داشت که انتخاب ژنتیکی برای IgY در بلدرچین نر خالدار ایتالیایی پیشرفت بیش‌تری نسبت به جنس و سویه دیگر ایجاد کند. برآورد وراثت‌پذیری ۰/۲۲۰ برای IgM نیز در نرهای سویه خالدار ایتالیایی بیش‌تر از نرهای سویه وحشی و ماده‌های سویه خالدار ایتالیایی بود. با توجه به این‌که در مطالعه حاضر دو مرحله تزریق SRBC به فاصله یک هفته انجام شده است، پاسخ‌های IgY بالاتر از IgM بوده‌اند. معمولاً در مرحله دوم و یادآور چالش با آنتی‌ژن، سلول‌های خاطره سیستم ایمنی که مسئول تولید IgY هستند فعال‌تر می‌شوند و پاسخ‌های بالاتری موردانتظار است. مقادیر بالاتر وراثت‌پذیری IgY نسبت به IgM در هر دو سویه وحشی و خالدار ایتالیایی و هر دو جنس دور از انتظار نبود. این نتایج با مطالعه پاسخ سیستم ایمنی بر روی مرغ مطابقت داشت [۱۲]. نتایج مربوط به IgN در سویه خالدار ایتالیایی به‌دلیل غیرمنطقی‌بودن در جدول گزارش نشده است.

در بین تمام پاسخ‌های موردبررسی وراثت‌پذیری IgY در نرهای سویه خالدار ایتالیایی با برآورد ۰/٤۱۹ بیش‌ترین مقدار را نشان داد که بیش‌تر از برآورد وراثت‌پذیری برای ماده‌های سویه خالدار ایتالیایی و نرهای سویه وحشی بود. مقادیر وراثت‌پذیری برای IgN در دو جنس نر و ماده سویه خالدار ایتالیایی بسیار بالا و در واقع بیش‌برآورد است. هرچند مقدار فنوتیپی IgN در بین تمام پاسخ‌های موردمطالعه بالاترین بود (۹/۰۳٤)، برآورد غیرمنطقی وراثت‌پذیری برای این صفت در جدول گزارش نشد که می‌تواند ناشی از عمق کم شجره در بلدرچین خالدار ایتالیایی (سه نسل)، اشکال در ساختار داده‌ها، یا کم‌بودن تعداد رکورد برای این صفت باشد. به‌طورکلی در مقایسه دو جنس، هرچند از نظر فنوتیپی عملکرد نرها و ماده‌ها در پاسخ به آنتی‌ژن‌های موردمطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی پاسخ‌های ایمنی در نرها بیش‌تر از ماده‌ها تحت تأثیر اثر ژنتیکی افزایشی بود.

در مطالعه حاضر، پاسخ ایمنی هومورال در ماده‌ها و نرها بود تفاوت معنی‌داری نداشت، هرچند وراثت‌پذیری در نرها بیش‌تر از ماده‌ها برآورد شد. بیش‌ترین وراثت‌پذیری‌ها در هر دو سویه و هر دو جنس مربوط به پاسخ ایمنی علیه NDV بود، لذا می‌توان انتظار داشت انتخاب ژنتیکی برای IgN موجب بهبود عملکرد سیستم ایمنی عمورال در بلدرچین شود. هم‌چنین، با توجه به برآورد وراثت‌پذیری و شدت انتخاب بیش‌تر در نرها، انتخاب ژنتیکی پاسخ‌های ایمنی در نرها موجب پیشرفت ژنتیکی بیش‌تری می‌شود.

جدول ٤. برآورد پارامترهای ژنتیکی پاسخ ایمنی هومورال در دو جنس نر و ماده در سویه خالدار ایتالیایی

ایمنی هومورال	واریانس فنوتیپی		واریانس افزایشی		وراثت‌پذیری ± انحراف استاندارد		واریانس محیطی	
	نرها	ماده‌ها	نرها	ماده‌ها	نرها	ماده‌ها	نرها	ماده‌ها
IgT	٤/۳۸۳	۲/۵۹۱	۱/٤۹۹	۰/۳۸۱	۰/۳٤۲ ± ۰/۰۳۹	۰/۱٤۷ ± ۰/۰۸۹	۲/۸۸٤	۲/۲۱۰
IgY	۳/۳٦٦	۱/٦۱۱	۱/٤۱۱	۰/٤۳۲	۰/٤۱۹ ± ۰/۰٤۲	۰/۲٦۸ ± ۰/۰۹۸	۱/۹۵۵	۱/۱۷۹
IgM	۳/۷٤۸	۱/۲٦۷	۰/۸۲۵	۰/۲۰۸	۰/۲۲۰ ± ۰/۰٤۱	۰/۱٦٤ ± ۰/۱۰۹	۲/۹۲۳	۱/۰۵۹
IgN	–	–	–	–	–	–	–	–

IgT: Log 2 عیار ایمنی هومورال کل علیه SRBC (Log2)، IgY: عیار ایمونوگلوبولین Y علیه SRBC، IgM: عیار ایمونوگلوبولین M علیه SRBC، و IgN پاسخ ایمنی هومورال علیه واکسن نیوکاسل (NDV). نتایج مربوط به IgN در سویه خالدار ایتالیایی به دلیل غیر منطقی بودن در جدول گزارش نشده است.

تشکر و قدردانی

از کارکنان پژوهشکده زیست‌فناوری دانشگاه زابل برای کمک به انجام آزمایش‌های این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع مورداستفاده

1. Ebrahimi K, Dashab GR, Faraji-Arough H, Maghsoudi A and Rokouei M (2019). Genome scan of Japanese quail chromosome 5 for detecting QTLs of growth traits. *Animal Production Research*, 8(3): 87-95. (in Persian).
2. Faraji-Arough H, Rokouei M and Maghsoudi A (2019). Examination the strain and sex effect on blood serum biochemical parameters and growth traits of quail. Animal Sciences Journal, 32(123): 31-46. (in Persian).
3. Khanegir R, Rokouei M, Faraji-Arough H, Maghsoudi A and Dashab GR (2020). Mapping of Quantitative Trait Loci for Immunity Traits by Microsatellite Markers on chromosome 5 in Japanese Quail. Research on Animal Production, 11(27): 116-125. (in Persian).
4. Mahmoudi Zarandi M, Rokouei M, Vafaei Valleh M and Maghsoudi A (2020). Estimation of genetic parameters for body weight gain and feed efficiency traits in Japanese quail. *Animal Production*, 22(1): 9-22. (in Persian).
5. Jahan M, Maghsoudi A, Rokouei M and Faraji-Arough H (2020). Prediction and optimization of slaughter weight in meat-type quails using artificial neural network modeling. Poultry Science, 99: 1363-1368.
6. Mohammadi-Tighsiah A, Maghsoudi A, Bagherzadeh-Kasmani F, Rokouei M and Faraji-Arough H. (2020) Estimates of genetic parameters for body weights at late growth period and humoral immunity in Japanese quail. Iranian Journal of Animal Science, 51(1): 17-25. (in Persian).
7. Mohammadi-Tighsiah A, Maghsoudi A, Bagherzadeh-Kasmani F, Rokouei Mand Faraji-Arough H (2018) Bayesian analysis of genetic parameters for early growth traits and humoral immune responses in Japanese quail. Livestock Science, 2018(216): 197-202.
8. Maghsoudi A, Vaziri E, Feizabadi M and Mehri M (2020) Fifty years of sheep red blood cells to monitor humoral immunity in poultry: a scientometric evaluation. Poultry Sceince, 99(10): 4758-4768.
9. Cook IF (2008) Sexual dimorphism of humoral immunity with human vaccines. *Vaccine*, 26(29-30): 3551-5.
10. Huff GR, Huff WE, Balog JM and Rath NC (1999) Sex differences in the resistance of turkeys to Escherichia coli challenge after immunosuppression with Dexamethasone. Poultry Science, 78: 38-44.
11. Maghsoudi A, Vaez Torshizi R, Masoudi AA and Karimi Torshizi MA (2013) Sexual dimorphism in cellular and humoral immune responses in two strains of commercial Iranian Arian vs Western Azarbaijan native fowls. Iranian Journal of Animal Science, 44(4): 367-374. (in Persian).
12. Maghsoudi A, Vaez Torshizi R, Masoudi AA, Karimi Torshizi MA and Mohammad Hasan Z (2015) Comparison of humoral immune response and plasma protein concentrations in Western Azerbaijan native and Arian high-productive fowls. Animal Sciences Journal, 28(107): 169-182. (in Persian).
13. Martyka R, Rutkowska J and Cichon M (2011) Sex-specific effects of maternal immunization on yolk antibody transfer and offspring performance in zebra finches. Biology Letter, 7(1): 50-3.
14. Numata M, Kondo T, Nambo Y, Yoshikawa Y, Watanabe K and Orino K (2013) Change of antibody levels to ferritin in the sera of foals after birth: possible passive transfer of maternal anti-ferritin autoantibody via colostrum and age-related anti-ferritin autoantibody production. Animal Science Journal, 84(12): 782-9.
15. Tavaniello S, Maiorano G, Siwek M, Knaga S, Witkowski A, Di Memmo D and Bednarczyk M (2014) Growth performance, meat quality traits, and genetic mapping of quantitative trait loci in 3 generations of Japanese quail populations (*Coturnix japonica*). Poultry Science, 93(8): 2129-40.
16. Shokoohmand M, Emam Jomeh Kashan N and Emami Maybody MA (2007) Estimation of heritability and genetic correlations of body weight in different age for three strains of japanese quail. International Journal of Agriculture and Biology, 9(6): 945-947.
17. Zhang W, Aggrey SE, Pesti GM, Edwards HM Jr and Bakalli RI (2003) Genetics of phytate phosphorus bioavailability: heritability and genetic correlations with growth and feed utilization traits in a randombred chicken population. Poultry Science, 82(7): 1075-9.

18. Minvielle F, Hirigoyen E and Boulay M (1999) Associated effects of the roux plumage color mutation on growth, carcass traits, egg production, and reproduction of Japanese quail. Poultry Science, 78(11): 1479-84.
19. Smith BJ (2007) Boa: An R package for MCMC output convergence assessment and posterior inference. Journal of Statistical Software, 21(11): 1-37.
20. Hadfield JD (2010) MCMC methods for multi-response generalized linear mixed models: the MCMCglmm R package. Journal of Statistical Software, 33(2): 1-22.
21. Saino N, Ferrari RP, Martinelli R, Romano M, Rubolini D and Moller AP (2002) Early maternal effects mediated by immunity depend on sexual ornamentation of the male partner. Procssding of the Biological Science, 269(1495): 1005-9.
22. Pap PL, Czirják GÁ, Vágási CI, Barta Z and Hasselquist D (2010) Sexual dimorphism in immune function changes during the annual cycle in house sparrows. Naturwissenschaften, 97: 891-901.
23. Abou-Kassem DE, El-Kholy MS, Alagawany M, Laudadio V and Tufarelli V (2019) Age and sex-related differences in performance, carcass traits, hemato-biochemical parameters, and meat quality in Japanese quails. Poultry Science, 98(4): 1684-1691.