# بررسی تأثیر سطوح مختلف کلسیم و ویتامین $D_3$ بر صفات کیفی پوسته تخم‌مرغ

محسن افشارمنش، جواد پوررضا و عبدالحسین سمیع[1]


## چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر پنج سطح ۳/۰۶، ۳/۲۳، ۳/۴، ۳/۵۷ و ۳/۷۴ درصد کلسیم و سطح ۲۰۰۰، ۲۲۰۰ و ۲۴۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین $D_3$ در کیلوگرم جیره، بر صفات کیفی پوسته تخم مرغ به اجرا در آمد. آزمایش در یک طرح کاملاً تصادفی، در چارچوب آزمایش فاکتوریل ۳×۵، که جمعاً ۱۵ تیمار آزمایشی را تشکیل دادند، صورت گرفت. تعداد ۲۴۰ قطعه مرغ ۲۶ هفته‌ای لگهورن سفید از سویه های‌لاین $W_{36}$ به ۶۰ واحد آزمایشی تقسیم شدند، به طوری که هر تیمار چهار تکرار داشت. مدت آزمایش ۹۰ روز بود. در پایان آزمایش مرغ‌ها ۳۸ هفته سن داشتند.

نتایج نشان داد که افزایش کلسیم جیره سبب افزایش معنی‌داری ($P<0/05$) در مقاومت پوسته، ضخامت پوسته و درصد پوسته شد. در سطح ۳/۰۶ درصد کلسیم، کلسیم پوسته به طور معنی‌داری ($P<0/05$) افزایش یافت، اما کلسیم جیره اثر معنی‌داری بر درصد خاکستر پوسته نداشت. ویتامین $D_3$ اثر معنی‌داری بر درصد خاکستر و کلسیم پوسته نداشت، اما مقاومت پوسته، ضخامت و درصد پوسته به طور معنی‌داری ($P<0/05$) با سطح ۲۴۰۰ واحد بین المللی در کیلوگرم جیره افزایش یافتند. مقدار کلسیم پلاسما به طور معنی‌داری ($P<0/05$) با افزایش ویتامین $D_3$ افزایش نشان داد. اثر متقابل کلسیم و ویتامین $D_3$ بر مقاومت پوسته، ضخامت پوسته، درصد پوسته و کلسیم پلاسما معنی‌دار بود ($P<0/05$). هم‌بستگی معیارهای کیفی پوسته و معیارهای خون نیز با کلسیم و ویتامین $D_3$ جیره معنی‌دار بود ($P<0/05$).


واژه‌های کلیدی: کلسیم، ویتامین $D_3$، کیفیت پوسته

## مقدمه

کلسیم یکی از عناصر کلیدی مورد نیاز مرغان تخم‌گذار است. کلسیم فراوان‌ترین عنصر معدنی ساختمان بدن است، و نقش مهمی را در بسیاری از فعالیت‌های بیولوژیک بدن ایفا می‌کند. مرغان تخم‌گذار در طول دوره تخم‌گذاری به مقدار زیادی کلسیم (حدود ۱۲ برابر وزن بدن) نیاز دارند (۶). مقدار زیادی از کلسیم مصرفی مرغ تخم‌گذار از طریق پوسته دفع می‌شود.

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-10-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.12.9 ]

سوخت و ساز کلسیم، افزون بر هورمون غده پاراتیرویید و هورمون‌های جنسی ماده، تا حد زیادی تحت تأثیر ویتامین $D_3$ جیره است. این ویتامین نقش بسزایی در جذب کلسیم از روده دارد. ویتامین $D_3$ برای تنظیم کارایی روده در جذب کلسیم مورد نیاز اسکلت لازم است. اگر ویتامین $D_3$ به مقدار کافی نباشد، برای ثابت نگه داشتن غلظت کلسیم پلاسما، از ذخیره کلسیم اسکلت استفاده می‌شود، که سبب بیماری پوکی استخوان می‌گردد. بنابراین، ویتامین $D_3$ در صرفه‌جویی کلسیم بدن یا تعادل کلسیم درگیر است (۳).

نحوه عمل ویتامین $D_3$ در جذب کلیسم روده بدین صورت است که شکل متابولیکی فعال کوله کلسیفرول (ویتامین $D_3$)، ۲۵ و ۱ دی هیدروکسی کوله کلسیفرول است. به منظور سنتز این شکل ابتدا ویتامین $D_3$ به کبد پرندگان و حیوانات منتقل گردیده و هیدروکسیله می‌گردد، و به ۲۵ هیدروکسی کوله کلسیفرول تبدیل می‌شود. سپس ۲۵ هیدروکسی کوله کلسیفرول دوباره در کلیه هیدروکسیله گردید، به اشکال ۲۵ و ۱ دی هیدروکسی کوله کلسیفرول و ۲۵ و ۲۴ دی هیدروکسی کوله کلسیفرول در می‌آید. سنتز۲۵ و ۱ دی هیدروکسی کوله کلسیفرول به طور دقیق کنترل می‌شود، و محرک اصلی برای سنتز آن کاهش کلسیم پلاسما است، که این یک محرک فیدبکی برای آزاد شدن هورمون پاراتورمون از غده پاراتیرویید می‌باشد. این هورمون به نوبه خود سبب تحریک کمپلکس آنزیمی ۱-هیدروکسیلاز در کلیه گردیده و باعث تبدیل ۲۵ هیدروکسی کوله کلسیفرول به ۲۵ و ۱ دی هیدروکسی کوله کلسیفرول می‌گردد. ۲۵ و ۱ دی هیدروکسی کوله کلسیفرول از طریق سنتز پروتئین متصل کننده کلسیم در دوازدهه موجب افزایش جذب کلسیم جیره، و درنهایت افزایش کلسیم پلاسما می‌گردد (۱۰).

دیده شده است که محدود ساختن کلسیم جیره در طول تخم‌گذاری، تأثیر شگرفی بر کاهش ضخامت پوسته دارد. در شرایط کاهش کلسیم جیره، افزودن ویتامین $D_3$، جذب کلسیم را از روده افزایش می‌دهد، و باعث بهبود کیفیت پوسته می‌گردد. در ایران اغلب جیره‌های مرغ‌های تخم‌گذار متعادل نیست. به طوری که کمبود یا ازدیاد کلسیم آن منجر به زیان اقتصادی می‌شود. از طرفی، ممکن است شرایط پرورش و نگهداری مرغ نیاز به کلسیم را تحت تأثیر قرار دهد، و کاربرد استانداردهای توصیه شده مناسب نباشد. لذا تعیین کلسیم در جیره مرغ‌های تخم‌گذار، با توجه به شرایط پرورش و نگهداری سویه های‌لاین در ایران ضروری به نظر رسید، و آزمایشی با اهداف ذیل به اجرا در آمد:

۱. ارزیابی صفات کیفی پوسته تخم مرغ، در اثر تغییر میزان کلسیم جیره.

۲. مطالعهٔ تأثیر افزودن ویتامین $D_3$، بر قابلیت استفاده از کلسیم جیره و کیفیت پوسته.

۳. بررسی و تعیین کلسیم مورد نیاز مرغان تخم‌گذار در شرایط ایران.

۴. بررسی چگونگی کلسیم و فسفر خون، در اثر تغییر کلسیم و ویتامین $D_3$ جیره.

## مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۲۴۰ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه های‌لاین $W_{36}$ از سن ۲۶ تا پایان ۳۸ هفتگی، در چارچوب طرح کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل استفاده شد. پیش از شروع آزمایش، یک دوره پیش آزمایش به مدت یک ماه در مرغ‌های با سن ۲۲ هفته صورت گرفت. در این مدت تولید ۹۰ قفس ثبت و درصدهای تولید محاسبه شد، و تعداد ۶۰ قفس با تولیدی در محدوده ۶۴/۲۵۵±۳ انتخاب گردید. جیره‌های آزمایشی شامل جیره شاهد با کلسیم و ویتامین $D_3$ مطابق توصیه مؤسسه تحقیقات ملی (۸)، دو جیره به ترتیب حاوی ۵ و ۱۰ درصد کلسیم کمتر، و دو جیره با ۵ و ۱۰ درصد بیشتر از آن بود. به هر یک از ۵ جیره فوق (شامل شاهد) به میزان ۱۰ و ۲۰ درصد بیشتر از توصیه مؤسسه تحقیقات ملی ویتامین $D_3$ اضافه شد. در مجموع، ۱۵ جیره آزمایشی در چهار تکرار (چهار مرغ در هر تکرار) مورد آزمایش قرار گرفت. ترکیب جیره‌های پایه در جدول ۱ آورده شده است. هر سه هفته یک بار، هر جیره پایه به سه گروه تقسیم شده، به هر گروه به ترتیب ۲۰۰۰، ۲۲۰۰ و ۲۴۰۰ واحد



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-10-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.12.9 ]

جدول ۱. ترکیب جیره‌های پایه آزمایش

| اجزای جیره | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |
|---|---|---|---|---|---|
| ذرت | ۵۲/۷۶ | ۶۰/۶۲ | ۶۷/۲۴ | ۴۴/۹ | ۳۷/۰۴ |
| گندم | ۱۶/۱۱ | ۷/۳۵ | ۰/۲۱ | ۲۴/۸۷ | ۳۳/۶۳ |
| کنجاله سویا | ۱۷/۵۸ | ۱۸/۰۳ | ۱۸/۱۴ | ۱۷/۱۳ | ۱۶/۶۸ |
| پودر ماهی | ۳/۰۰ | ۳/۰۰ | ۳/۰۰ | ۳/۰۰ | ۳/۰۰ |
| صدف | ۷/۹۹ | ۸/۴۴ | ۸/۸۸ | ۷/۵۴ | ۷/۰۹ |
| دی‌کلسیم فسفات | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۳ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ |
| مکمل معدنی[1] | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ |
| مکمل ویتامین[2] | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ |
| نمک | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ |
| پودر یونجه | ۱/۴۵ | ۱/۴۵ | ۱/۴۵ | ۱/۴۵ | ۱/۴۵ |
| جمع | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ترکیب محاسبه شده | | | | | |
| انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری در کیلوگرم) | ۲۷۷۶ | ۲۷۷۸ | ۲۷۸۰ | ۲۷۷۸ | ۲۷۷۵ |
| پروتئین خام (درصد) | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ |
| کلسیم (درصد) | ۳/۴ | ۳/۵۷ | ۳/۷۴ | ۳/۲۳ | ۳/۰۶ |
| فسفر مفید (درصد) | ۰/۳۲ | ۰/۳۲ | ۰/۳۲ | ۰/۳۲ | ۰/۳۲ |
| نسبت کلسیم به فسفر | ۱۰/۶۳ | ۱۱/۱۶ | ۱۱/۶۹ | ۱۰/۰۹ | ۹/۵۶ |
| متیونین (درصد) | ۰/۳۱ | ۰/۳۱ | ۰/۳۱ | ۰/۳۱ | ۰/۳۰ |
| سیستئین (درصد) | ۰/۲۶ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۷ | ۰/۲۸ |
| آرژنین (درصد) | ۱/۰۶ | ۱/۰۶ | ۱/۰۶ | ۱/۰۶ | ۱/۰۵ |
| لیزین (درصد) | ۰/۸۶ | ۰/۸۶ | ۰/۸۵ | ۰/۸۶ | ۰/۸۷ |
| تریپتوفان (درصد) | ۰/۲۱ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۱ | ۰/۲۲ |
| اسیدلینولئیک (درصد) | ۱/۳۳ | ۱/۴۵ | ۱/۵۷ | ۱/۲۱ | ۱/۱۰ |

۱. هر ۲/۵ کیلو در تن محتوی کولین کلراید ۴۰۰ گرم، منگنز ۸۰ گرم، آهن ۵۰ گرم، روی ۶۰ گرم، مس ۵ گرم، ید ۱ گرم، سلنیم ۰/۱ گرم، کبالت ۰/۱ گرم و کاربر تا ۲/۵ کیلو بود.

۲. هر ۲/۵ کیلو در تن ویتامین A ۱۰۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین $D_3$ ۲۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین E ۱۰ گرم، ویتامین $K_3$ ۲/۲ گرم، ویتامین $B_1$ ۱ گرم، ویتامین $B_2$ ۴ گرم، ویتامین $B_6$ ۲ گرم، کل‌پن ۸/۲۵ گرم، نیاسین ۲۰ گرم، اسیدفولیک ۰/۵۶ گرم، ویتامین $B_{12}$ ۰/۰۱۵ گرم، ویتامین $H_2$ ۰/۱۵ گرم، آنتی اکسیدان ۱۲۵ گرم و کاربر تا ۲/۵ کیلو بود.

بین‌المللی در کیلوگرم جیره ویتامین $D_3$ اضافه، و به طور روزانه در دانخوری قفس‌ها ریخته می‌شد.

در دوره آزمایش، هر ۱۵ روز یک بار پوسته تخم مرغ هر تکرار از لحاظ مقاومت، ضخامت، وزن پوسته خشک، وزن



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-10-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.12.9 ]

خاکستر پوسته و کلسیم پوسته مورد ارزیابی قرار می‌گرفت، و کلسیم پوسته با استفاده از دستگاه تجزیه کننده یون‌ها[1] تعیین می‌شد. ضخامت پوسته با استفاده از دستگاه ضخامت‌سنج پوسته تخم مرغ[2] اندازه‌گیری گردید، که این دستگاه قادر به اندازه‌گیری ضخامت پوسته تا ۱/۱۰۰ میلی‌متر است. مقاومت پوسته به وسیلهٔ دستگاه مقاومت سنج پوسته تخم مرغ[1] اندازه گرفته شد، که در این دستگاه تخم مرغ از محل بیشترین قطر به طور عمودی تحت فشار قرار می‌گیرد، و مقاومت آن برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع نشان داده می‌شود.

در پایان آزمایش از هر تکرار یک مرغ خون‌گیری شد، و مقدار کلسیم و فسفر خون با استفاده از کیت‌های آماده شرکت زیست شیمی[2] تعیین گردید.

از آن جایی که صفات کیفی پوسته در دوره‌های سنی متفاوت اندازه‌گیری شده بود، به منظور حذف اثر سن از داده‌ها و بررسی دقیق اثر عوامل مورد آزمایش، سن به عنوان یک کوواریت[3] وارد مدل شده، و داده‌ها از طریق آنالیز کوواریانس با استفاده از نرم‌افزار اس.ا.اس (۱۲) مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. میانگین‌ها به روش دانکن (۴) مقایسه، و برای به دست آوردن معادلات رگرسیون و ضرایب هم‌بستگی بین کلسیم و ویتامین $D_3$ با صفات کیفی پوسته و معیارهای خون، از برنامه اس.ا.اس استفاده گردید.

## نتایج و بحث

تأثیر سطوح مختلف کلسیم جیره بر مقاومت پوسته، ضخامت پوسته، درصد پوسته و درصد کلسیم پوسته معنی‌دار ($P<0/05$) بود، ولی اثر معنی‌داری بر درصد خاکستر پوسته و کلسیم و فسفر پلاسما نداشت (جداول ۲ و ۴). با افزایش سطح کلسیم جیره مقاومت، ضخامت و درصد پوسته به طور معنی‌داری ($P<0/05$) افزایش یافت، اما میان پایین‌ترین سطح کلسیم و سطوح بالای کلسیم جیره اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. شاید دلیل برابر کردن پایین‌ترین سطح کلسیم با سطوح بالای کلیسم این باشد که سطح ۳/۰۶ درصد کلسیم به عنوان سطح مرزی محسوب شده، و از طریق افزایش شکل فعال ویتامین $D_3$ (۱ و ۲۵ دی‌هیدروکسی کوله کلسیفرول) سبب افزایش سنتز پروتئین متصل کننده کلسیم در سلول‌های غشای روده گردیده، و بازده جذب کلسیم را افزایش داده است. از طرفی، هنگامی که درصد کلسیم جیره پایین باشد، پروتئین متصل کننده کلسیم غشای روده با تغییر دادن مقدار فسفاتیدیل کولین غشا سبب تغییر در غشای روده شده، و بازده جذب کلسیم را افزایش می‌دهد (۳).

مقاومت، ضخامت و درصد پوسته با سطوح کلسیم جیره یک رابطه درجه دوم داشت (جدول ۷)، به طوری که درصدی از تغییرات مقاومت، ضخامت و درصد پوسته که به وسیله این رابطه درجه دوم توجیه می‌شد، به ترتیب برابر ۸۳/۸، ۷۸ و ۷۴/۳ بود و میان این سه صفت با کلسیم جیره روابط بسیار قوی به ترتیب برابر ۰/۹۱۵، ۰/۸۸۳ و ۰/۸۶۱ وجود داشت، به طوری که با افزایش سطح کلسیم جیره، مقاومت، ضخامت و درصد پوسته (درجه دوم) افزایش یافت.

از سویی، این هم‌بستگی بسیار قوی نشان دهنده اهمیت بسیار زیاد کلسیم جیره در بهبود صفات کیفی تخم مرغ است. از آن جایی که نکته اصلی کیفیت تخم مرغ شامل ضخامت و مقاومت پوسته می‌باشد، و با توجه به این که پوسته تخم مرغ تقریباً ۱۰۰ درصد از کربنات کلسیم تشکیل شده است، بنابراین عامل عمده غذایی در تشکیل پوسته، کلسیم است (۱). پس در این جا با افزایش سطح کلسیم، کلسیم کافی برای تشکیل پوسته فراهم شده، و مقاومت، ضخامت و درصد پوسته بهبود یافته است، و در سطح مرزی ۳/۰۶ به دلیل افزایش شکل فعال ویتامین $D_3$، بازده جذب بالا رفته و کلسیم کافی فراهم گردیده است.

اثر متقابل کلسیم و ویتامین $D_3$ بر مقاومت، ضخامت و

1. Ion-Analyser, Model 3040/Revc/11-94 2. Eggshell Thickness Meter. OGAWA SEIKI Co. LTD., 3rd Ed., OSK 13469
3. Eggshell Intensity Meter. OGAWA SEIKI Co. LTD., 3rd Ed., OSK 13473 4. Ziest-Chem. Diagnostica. Cat. No. 10, 508-525 5. Covariate



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-10-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.12.9 ]

جدول ۲. تأثیر کلسیم بر صفات کیفی پوسته تخم مرغ

| کلسیم (درصد) | مقاومت پوسته ($kg/cm^2$) | ضخامت پوسته (mm) | پوسته تخم مرغ (درصد) | خاکستر پوسته (درصد) | کلسیم پوسته (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۳/۰۶ | ۲/۹۲$^{a}$ | ۰/۳۳۳$^{a}$ | ۹/۰۱$^{a}$ | ۹۴/۰۵ | ۲۹/۱۹$^{a}$ |
| ۳/۲۳ | ۲/۶۸$^{b}$ | ۰/۳۱۳$^{b}$ | ۸/۵۳$^{c}$ | ۹۳/۶۷ | ۲۷/۸۰$^{ab}$ |
| ۳/۴ | ۲/۷۴$^{b}$ | ۰/۳۱۸$^{b}$ | ۸/۶۸$^{bc}$ | ۹۴/۰۶ | ۲۵/۷۳$^{b}$ |
| ۳/۵۷ | ۲/۸۳$^{ab}$ | ۰/۳۲۳$^{ab}$ | ۸/۸۴$^{ab}$ | ۹۳/۳۵ | ۲۶/۱۵$^{b}$ |
| ۳/۷۴ | ۲/۹۶$^{a}$ | ۰/۳۳۱$^{a}$ | ۹/۰۱$^{a}$ | ۹۳/۸۲ | ۲۶/۳۴$^{b}$ |

جدول ۳. تأثیر ویتامین $D_3$ بر صفات کیفی پوسته تخم مرغ

| ویتامین $D_3$ (واحد بین‌المللی در کیلوگرم جیره) | مقاومت پوسته ($kg/cm^2$) | ضخامت پوسته (mm) | پوسته تخم مرغ (درصد) | خاکستر پوسته (درصد) | کلسیم پوسته (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۲۰۰۰ | ۲/۸۳$^{ab}$ | ۰/۳۲۸$^{a}$ | ۸/۹۴$^{a}$ | ۹۳/۷۹ | ۲۷/۵۱ |
| ۲۲۰۰ | ۲/۷۴$^{b}$ | ۰/۳۱۷$^{b}$ | ۸/۶۳$^{b}$ | ۹۳/۷۶ | ۲۵/۵۹ |
| ۲۴۰۰ | ۲/۹۱$^{a}$ | ۰/۳۲۵$^{a}$ | ۸/۷۸$^{a}$ | ۹۳/۸۳ | ۲۷/۰۳ |

جدول ۴. تأثیر کلسیم بر معیارهای خون

| کلسیم (درصد) | کلسیم پلاسما (میلی‌گرم درصد) | فسفر پلاسما (میلی‌گرم درصد) |
|---|---|---|
| ۳/۰۶ | ۱۸/۷۵ | ۹/۸۵ |
| ۳/۲۳ | ۱۸/۹۶ | ۸/۹۵ |
| ۳/۴ | ۱۹/۲۸ | ۸/۷۳ |
| ۳/۵۷ | ۱۸/۹۶ | ۹/۱۷ |
| ۳/۷۴ | ۱۸/۲۳ | ۷/۹۷ |

جدول ۵. تأثیر ویتامین $D_3$ بر معیارهای خون

| ویتامین $D_3$ (واحد بین‌المللی در کیلوگرم جیره) | کلسیم پلاسما (میلی‌گرم درصد) | فسفر پلاسما (میلی‌گرم درصد) |
|---|---|---|
| ۲۰۰۰ | ۱۷/۴۰$^{b}$ | ۸/۵۱ |
| ۲۲۰۰ | ۲۰/۱۰$^{a}$ | ۹/۳۴ |
| ۲۴۰۰ | ۱۸/۵۷$^{ab}$ | ۸/۹۵ |

در هر ستون از جداول فوق میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک اختلاف معنی‌داری دارند ($P<۰/۰۵$).



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-10-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.12.9 ]

جدول ۶. اثر متقابل کلسیم و ویتامین $D_3$ بر صفات کیفی پوسته تخم مرغ

| کلسیم (درصد) | ویتامین $D_3$ (واحد بین‌المللی در کیلوگرم جیره) | مقاومت پوسته ($kg/cm^2$) | ضخامت پوسته (mm) | پوسته تخم‌مرغ (درصد) | خاکستر پوسته (درصد) | کلسیم پوسته (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۲۰۰۰ | ۲/۹۴$^{ad}$ | ۰/۳۳۶$^{ac}$ | ۹/۱۳$^{ac}$ | ۹۴/۳۶ | ۳۱/۰۹$^{a}$ |
| ۳/۰۶ | ۲۲۰۰ | ۲/۷۴$^{ce}$ | ۰/۳۲۲$^{af}$ | ۸/۷۳$^{df}$ | ۹۴/۰۴ | ۲۹/۰۵$^{ab}$ |
| | ۲۴۰۰ | ۳/۰۹$^{a}$ | ۰/۳۴۰$^{ab}$ | ۹/۱۶$^{ab}$ | ۹۳/۷۶ | ۲۷/۴۵$^{ac}$ |
| | ۲۰۰۰ | ۲/۵۶$^{e}$ | ۰/۳۰۹$^{f}$ | ۸/۴۱$^{f}$ | ۹۳/۸۲ | ۲۶/۷۱$^{bc}$ |
| ۳/۲۳ | ۲۲۰۰ | ۲/۷۳$^{ce}$ | ۰/۳۱۴$^{df}$ | ۸/۴۸$^{f}$ | ۹۳/۷۴ | ۲۸/۵۱$^{ac}$ |
| | ۲۴۰۰ | ۲/۷۵$^{be}$ | ۰/۳۱۶$^{df}$ | ۸/۰۷$^{df}$ | ۹۳/۴۶ | ۲۸/۱۷$^{ac}$ |
| | ۲۰۰۰ | ۲/۷۶$^{be}$ | ۰/۳۲۳$^{af}$ | ۸/۷۰$^{df}$ | ۹۳/۶۰ | ۲۷/۴۳$^{ac}$ |
| ۳/۴ | ۲۲۰۰ | ۲/۶۲$^{de}$ | ۰/۳۱۲$^{ef}$ | ۸/۵۸$^{ef}$ | ۹۴/۳۵ | ۲۴/۴۹$^{c}$ |
| | ۲۴۰۰ | ۲/۸۴$^{ae}$ | ۰/۳۱۹$^{bf}$ | ۸/۷۶$^{cf}$ | ۹۴/۲۲ | ۲۵/۲۸$^{bc}$ |
| | ۲۰۰۰ | ۲/۸۵$^{ae}$ | ۰/۳۳۳$^{ad}$ | ۹/۰۵$^{ad}$ | ۹۳/۷۷ | ۲۵/۴$^{bc}$ |
| ۳/۵۷ | ۲۲۰۰ | ۲/۷۹$^{ae}$ | ۰/۳۱۶$^{df}$ | ۸/۶۸$^{df}$ | ۹۲/۷۷ | ۲۵/۵۲$^{bc}$ |
| | ۲۴۰۰ | ۲/۸۶$^{ae}$ | ۰/۳۲۰$^{bf}$ | ۸/۷۸$^{bf}$ | ۹۳/۵۰ | ۲۷/۵۳$^{ac}$ |
| | ۲۰۰۰ | ۳/۰۶$^{ab}$ | ۰/۳۴۱$^{a}$ | ۹/۴۰$^{a}$ | ۹۳/۳۸ | ۲۶/۹۱$^{bc}$ |
| ۳/۷۴ | ۲۲۰۰ | ۲/۸۳$^{ae}$ | ۰/۳۲۱$^{bf}$ | ۸/۶۸$^{df}$ | ۹۳/۸۸ | ۲۵/۴۱$^{bc}$ |
| | ۲۴۰۰ | ۲/۹۹$^{ac}$ | ۰/۳۳۱$^{ae}$ | ۸/۹۵$^{be}$ | ۹۴/۱۹ | ۲۶/۷۱$^{bc}$ |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک اختلاف معنی‌داری دارند ($P<0/05$).

درصد پوسته معنی‌دار ($P<0/05$) بود (جدول ۶). به طوری که در سطح پایین کلسیم (۳/۰۶ درصد)، با افزایش ویتامین $D_3$ جیره، مقاومت، ضخامت و درصد پوسته تخم مرغ به طور معنی‌داری ($P<0/05$) افزایش یافت. بیشترین مقاومت و درصد پوسته به ۳/۰۶ درصد کلسیم و ۲۴۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین $D_3$ اختصاص داشت، که نشان دهنده تأثیر ویتامین $D_3$ در افزایش جذب کلسیم جیره است.

زیادترین ضخامت مربوط به ۳/۷۴ درصد کلسیم و سطح ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین $D_3$ بود، ولی اختلاف معنی‌داری با سطح ۲۴۰۰ واحد بین‌المللی نداشت، که نشان‌دهنده این نکته است که در سطح بالای کلسیم جیره، چون کلسیم به مقدار کافی تأمین شده، پس شکل فعال ویتامین $D_3$ نقش کمتری داشته است. بیشترین درصد کلسیم پوسته مربوط به سطح ۳/۰۶ درصد کلسیم بود و میان این سطح و سطح ۳/۲۳ درصد کلسیم، و نیز میان سطح ۳/۲۳ و سایر سطوح اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

به طور کلی یک تخم مرغ به اندازه متوسط و وزن ۵۸ گرم، محتوی ۲-۲/۲ گرم کلسیم است. هر تخم مرغ قسمتی از کلسیم را از روده و قسمتی را از استخوان کسب می‌کند، و مرغ باید کلسیم مورد نیاز برای حفظ تعادل کلسیم را جذب نماید (۹). پس کلسیم پایین جیره سبب افزایش غلظت ۲۵ هیدروکسی کوله کلسیفرول ۱-هیدروکسیلاز در کلیه شده، نهایتاً موجب افزایش شکل فعال ویتامین $D_3$ (۱ و ۲۵ دی‌هیدروکسی کوله کلسیفرول) گردیده، و این شکل فعال با افزایش ساخت پروتئین



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-10-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.12.9 ]

جدول ۷. معادلات واگشتی برای تخمین صفات کیفی پوسته و معیارهای خون (Y) از کلسیم جیره (X) و هم‌بستگی بین صفات با کلسیم جیره

| Y = متغیر وابسته | معادله | ضریب تشخیص (%) | ضریب هم‌بستگی |
|---|---|---|---|
| مقاومت پوسته | $Y=۲۳/۵-۱۲/۴x+۱/۸۴x^۲$<br>$SEb_۱=۰/۴۳۸۲$ $SEb_۲=۰/۰۶۴۳۲$ | ۸۳/۸ | ۰/۹۱۵ |
| ضخامت پوسته | $Y=۱/۸۳-۰/۸۹۶x+۰/۱۳۲x^۲$<br>$SEb_۱=۰/۰۳۶۳۸$ $SEb_۲=۰/۰۰۵۳۴$ | ۷۸ | ۰/۸۸۳ |
| درصد پوسته | $Y=۰/۴۳۹-۰/۲۰۹x+۰/۰۳۰۹x^۲$<br>$SEb_۱=۰/۰۰۹۷۳$ $SEb_۲=۰/۰۰۱۴۳$ | ۷۴/۳ | ۰/۸۶۱ |
| درصد خاکستر پوسته | $Y=۰/۹۵۴-۰/۰۴۵۹x$<br>$SEb_۱=۰/۰۰۰۹۷$ | ۱۱/۲ | ۰/۳۳۵ |
| درصد کلسیم پوسته | $Y=۴۰/۹-۴/۳۲x+۱۴x^۲$<br>$SEb_۱=۰/۱۷۶۴$ $SEb_۲=۰/۸۷۷۱$ | ۹۳/۷ | ۰/۹۶۸ |
| کلسیم پلاسما | $Y=-۳۱/۹+۳۰/۱x-۴/۴۵x_۲$<br>$SEb_۱=۶/۵۲۷$ $SEb_۲=۰/۹۵۹۵$ | ۲۸/۱ | ۰/۵۳ |
| فسفر پلاسما | $Y=۱۶-۲/۰۸x$<br>$SEb_۲=۰/۱۹۰۸$ | ۶۷/۲ | -۰/۸۲ |

جدول ۸. معادلات واگشتی برای تخمین صفات کیفی پوسته و معیارهای خون (Y) از ویتامین $D_3$ جیره (X) و هم‌بستگی بین صفات با ویتامین $D_3$ جیره

| Y = متغیر وابسته | معادله | ضریب تشخیص (%) | ضریب هم‌بستگی |
|---|---|---|---|
| مقاومت پوسته | $Y=۱۷/۶-۰/۰۱۳۷+۰/۰۰۰۰۰۳x^۲$<br>$SEb_۱=۰/۰۰۰۰۴۲$ $SEb_۲=۰/۰۰۰۰۰۰۰۱$ | ۹۹/۹ | ۰/۹۹۹ |
| ضخامت پوسته | $Y=۱/۵۲-۰/۰۰۱۰۹x+۰/۰۰۰۰۰۰۲۵x^۲$<br>$SEb_۱=۰/۰۰۰۰۱$ $SEb_۲=۰$ | ۹۸/۳ | ۰/۹۹۱ |
| درصد پوسته | $Y=۰/۴۱۹-۰/۰۰۰۳۰۱x+۰/۰۰۰۰۰۰۰۷x^۲$<br>$SEb_۱=۰$ $SEb_۲=۰$ | ۹۹/۴ | ۰/۹۹۷ |
| درصد خاکستر پوسته | $Y=۰/۸+۰/۱۲۶۰۰۰x-۰/۰۰۰۰۰۰۰۳x^۲$<br>$SEb_۱=۰$ $SEb_۲=۰$ | ۹۸/۷ | ۰/۹۹۳ |
| درصد کلسیم پوسته | $Y=۱۱۰-۷۴/۳x+۱۶/۶x^۲$<br>$SEb_۱=۱/۱$ $SEb_۲=۰/۲۵$ | ۹۹/۱ | ۰/۹۹۵ |
| کلسیم پلاسما | $Y=-۲۳۹+۰/۲۳۳x-۵۲/۲x^۲$<br>$SEb_۱=۳/۴۵۶$ $SEb_۲=۰/۷۸۵۶$ | ۹۹ | ۰/۹۹۵ |
| فسفر پلاسما | $Y=-۶۵/۸+۶۷/۳x-۱۵/۱x^۲$<br>$SEb_۱=۰/۹۹۶$ $SEb_۲=۰/۲۲۶۴$ | ۹۹/۱ | ۰/۹۹۵ |



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-10-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.12.9 ]

متصل کننده کلسیم در سلول‌های غشای روده باعث افزایش بازده جذب کلسیم شده است (۲).

درصد کلسیم پوسته تخم مرغ با سطوح کلسیم جیره رابطه درجه دوم داشت (جدول ۷)، به طوری که ۹۳/۷ درصد از تغییرات درصد کلسیم پوسته تخم مرغ مربوط به تغییر سطوح کلسیم جیره بود، و ارتباط بسیار قوی (۰/۹۷) بین این دو متغیر وجود داشت. این نشان دهنده اهمیت بسیار زیاد کلسیم جیره در تحت تأثیر قرار دادن درصد کلسیم پوسته است.

اگرچه سطوح مختلف کلسیم جیره اثر معنی‌داری بر کلسیم و فسفر پلاسما نداشتند (جدول ۴)، ولی میان کلسیم پلاسما و سطوح کلسیم جیره یک رابطه درجه دوم برقرار بود (جدول ۷)، به نحوی که فقط ۲۸/۱ درصد از تغییرات کلسیم پلاسما در اثر سطوح مختلف کلسیم جیره بود، و ارتباط متوسطی (۰/۵۳) میان کلسیم جیره و کلسیم پلاسما وجود داشت. هم چنین، کلسیم جیره با فسفر پلاسما رابطه خطی منفی داشت، به طوری که ۶۷/۲ درصد از تغییرات فسفر سرم مربوط به تغییر سطوح کلسیم جیره بود، و ارتباط قوی منفی (۰/۸۲-) بین فسفر سرم و کلسیم جیره تخمین زده شد، بدین صورت که با افزایش کلسیم جیره، فسفر سرم به طور خطی کاهش یافت. این نتیجه تأیید کننده نقش سطوح مرزی کلسیم در افزایش فرم فعال ویتامین $D_3$ از طریق فسفر و غده پاراتیرویید می‌باشد، و با نتایج رولاند و همکاران (۱۱) مطابقت دارد.

تأثیر سطوح مختلف ویتامین $D_3$ جیره بر مقاومت، ضخامت، درصد پوسته و کلسیم پلاسما معنی‌دار ($P<0/05$) بود (جداول ۳ و ۵)، ولی بر درصد خاکستر پوسته، درصد کلسیم پوسته و فسفر پلاسما اثر معنی‌داری نداشت. با افزایش سطوح ویتامین $D_3$، ضخامت و درصد پوسته به طور معنی‌داری ($P<0/05$) افزایش یافته بود. احتمالاً با افزایش ویتامین $D_3$ غلظت ۱ و ۲۵ دی هیدروکسی کوله کلسیفرول و میزان جذب کلسیم افزایش یافته، و چون قسمت اعظم مقاومت پوسته مربوط به کربنات کلسیم است، پس سبب افزایش مقاومت پوسته گردیده است (۱).

مقاومت پوسته با سطوح ویتامین $D_3$ جیره یک رابطه درجه دوم داشت (جدول ۸)، به طوری که ۹۹/۹ درصد از تغییرات مقاومت پوسته در اثر تغییر سطوح ویتامین $D_3$ جیره بود. میان مقاومت پوسته و ویتامین $D_3$ رابطه بسیار قوی (۰/۹۹۹) وجود داشت، که نشان دهنده اهمیت بسیار زیاد ویتامین $D_3$ جیره در افزایش مقاومت پوسته است.

افزایش ویتامین $D_3$ جیره از ۲۲۰۰ به ۲۴۰۰ واحد بین‌المللی، سبب افزایش معنی‌داری در ضخامت و درصد پوسته شده بود. میان ضخامت و درصد پوسته با کلسیم جیره رابطه درجه دوم وجود داشت (جدول ۸). درصدی از تغییرات ضخامت و درصد پوسته که در اثر تغییرات کلسیم جیره به وسیله معادله آورده شده توجیه گشت به ترتیب ۹۸/۳ و ۹۹/۱ درصد بود. ارتباط بسیار قوی میان ضخامت و درصد پوسته با ویتامین $D_3$ جیره وجود داشت (به ترتیب ۰/۹۹۱ و ۰/۹۹۵)، که نشان دهنده اهمیت ویتامین $D_3$ جیره در بهبود ضخامت و درصد پوسته از طریق افزایش جذب کلسیم است.

با افزایش سطح ویتامین $D_3$ جیره، کلسیم پلاسما به طور معنی‌داری ($P<0/05$) افزایش یافته بود (جدول ۵)، چون احتمالاً افزایش سطح ویتامین $D_3$ جیره باعث افزایش فرم فعال ویتامین $D_3$، و نهایتاً افزایش جذب کلسیم گردیده است، که با یافته‌های گودسون ویلیامز و همکاران (۷) مطابقت دارد.

کلسیم پلاسما با سطوح ویتامین $D_3$ جیره رابطه درجه دوم داشت (جدول ۸)، به طوری که ۹۹ درصد از تغییرات کلسیم پلاسما در اثر تغییر سطوح ویتامین $D_3$ قابل توجیه بود، و هم‌بستگی بسیار قوی (۰/۹۹۵) بین کلسیم پلاسما و سطوح ویتامین $D_3$ وجود داشت، به صورتی که با افزایش ویتامین $D_3$ جیره، کلسیم پلاسما (درجه دوم) افزایش یافت. این نتیجه با یافته‌های فورست و همکاران (۵) هم‌خوانی دارد.

اگرچه اثر سطوح مختلف ویتامین $D_3$ بر صفات درصد خاکستر پوسته، درصد کلسیم پوسته و فسفر پلاسما معنی‌دار نبود، ولی میان درصد خاکستر پوسته، درصد کلسیم پوسته و فسفر پلاسما با ویتامین $D_3$ جیره رابطه درجه دوم وجود



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-10-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.12.9 ]

داشت، به طوری که به ترتیب ۹۸/۷، ۹۹/۱ و ۹۹/۱ درصد از تغییرات درصد خاکستر پوسته و درصد کلسیم پوسته و فسفر پلاسما در اثر ویتامین $D_3$ جیره به وسیله معادلات آورده شده قابل پیش بینی است. میان درصد خاکستر پوسته، درصد کلسیم پوسته و فسفر پلاسما با ویتامین $D_3$ جیره روابط بسیار قوی (به ترتیب ۰/۹۹۳، ۰/۹۹۵ و ۰/۹۹۵) وجود داشت، که نشان دهنده اهمیت ویتامین $D_3$ در بهبود درصد خاکستر پوسته و درصد کلسیم پوسته از طریق افزایش جذب کلسیم از روده، و بهبود فسفر پلاسما از طریق افزایش جذب آن می‌باشد.

با توجه به نتایج حاصله چنین به نظر می‌رسد که در شرایط پرورش و نگهداری سویه های‌لاین در ایران می‌توان از سطح کلسیم به میزان ۱۰ درصد بالاتر از توصیه مؤسسه تحقیقات ملی، با ویتامین $D_3$ توصیه شده به وسیله مؤسسه تحقیقات ملی، یا از سطح کلسیم ۱۰ درصد پایین‌تر از توصیه مؤسسه تحقیقات ملی همراه با ویتامین $D_3$ به میزان ۲۰ درصد بالاتر از توصیه مؤسسه تحقیقات ملی، به منظور بهبود صفات کیفی پوسته تخم مرغ استفاده نمود.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین پژوهشی دانشگاه و دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، به خاطر تأمین بودجه طرح و ایجاد تسهیلات تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع مورد استفاده

۱. پوررضا، ج. ۱۳۷۶. تغذیه مرغ. ج. دوم، نشر ارکان.

2. Common, R. H., N. A. Rutledge and R. W. Hale. 1984. The vitamin D system in the regulation of calcium metabolism. J. Nutr. 38: 64.
3. Deluca, H. F. 1976. The vitamin D system in the regulation of calcium and phosphorus metabolism. Nutr. Rev. 37: 161-162.
4. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F-test. Biometrics 11: 1-42.
5. Forst, T. J., D. A. Roland, Sr. and G. G. Untawale. 1990. Influence of vitamin D3, 1-hydroxy vitamin D3, and 1,25-dihydroxy vitamin D3 on egg shell quality, tibia strength, and various production parameters in commercial laying hens. Poult. Sci. 69: 2008-2016.
6. Gilbert, A. B. 1983. Calcium and reproduction function in the hen. Proc. Nutr. Soc. 42: 195-212.
7. Goodson Williams, R., D. A. Roland, Sr. and J. A. Mcguire. 1986. Effect of feeding grade level of vitamin D3 on egg shell pimpling in aged hens. Poult. Sci. 65: 1556-1560.
8. National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th. Rev. ed., National Academy Press, Washington DC.
9. Peterson, C. F. 1965. Factors influencing egg shell quality. Worlds Poult. Sci. J. 21: 118-138.
10. Rennie, S. 1995. Vitamin D, ascorbic acid and tibia dyschondroplasia. Poult. Internat. 50: 54.
11. Roland, Sr. D. A., M. M. Bryant, H. W. Rabon and J. Self. 1996. Influence of calcium and environmental temperature on performance of first-cycle (phase 1) commerical leghorns. Poult. Sci. 75: 62-68.
12. SAS Institute. 1986. SAS User's Gudie: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC.

[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-10-22 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.12.9 ]