Journal homepage: https://nras.lu.ac.ir/

NRAS
Novel Research In Animal Science

دانشگاه لرستان
Lorestan University

اثر افزودن فیتاز به جیرهٔ با سطح پایین فسفر غیر فیتاته بر عملکرد تولید و کیفیت تخم مرغ در مرغ های تخمگذار اواخر دورهٔ تولید

اعظم یوسفی قمشلو[1*]، مجتبی زاغری[1]

۱.گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۲. گروه علوم دامی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

مطالعهٔ حاضر به‌منظور بررسی اثر افزودن سطوح مختلف آنزیم فیتاز به جیره‌های دارای سطح پایین فسفر غیرفیتاته بر عملکرد تولید و صفات کیفی تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار انجام شد. بدین‌منظور، تعداد ۲۴۰ قطعه مرغ تخم‌گذار سویهٔ های-لاین (W-36) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و پنج تکرار (هر تکرار حاوی هشت قطعه مرغ) از سن ۷۰ تا ۷۵ هفتگی مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) شاهد منفی (جیرهٔ پایه بر پایه ذرت–سویا با سطح پایین فسفر غیرفیتاته، ۰/۱۲۱درصد، بدون دی‌کلسیم فسفات و فیتاز)، ۲) شاهد مثبت (جیرهٔ پایه + ۱۸ گرم در کیلوگرم دی‌کلسیم فسفات، حاوی ۰/۴۲۹ درصد فسفر غیرفیتاته) و ۳ تا ۶) چهار تیمار دریافت‌کننده آنزیم فیتاز (جیرهٔ پایه به‌همراه ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰FTU/kg) بودند. کل تولید تخم‌مرغ، درصد تولید تخم‌مرغ و درصد تولید تخم‌مرغ قابل فروش در هفته‌های ۷۴ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (P< ۰/۰۵). ضخامت پوسته تخم‌مرغ در سن ۷۵ هفتگی در مرغ‌های دریافت‌کنندهٔ ۵۰۰ واحد فیتاز و تیمار شاهد مثبت به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد منفی افزایش یافت (P< ۰/۰۵). ضریب تبدیل خوراک نیز در هفته‌های ۷۴ و ۷۵ با افزودن ۵۰۰FTU/kg واحد فیتاز یا دی‌کلسیم فسفات در مقایسه با شاهد منفی به‌طور معنی‌داری بهبود یافت (P< ۰/۰۵). وزن تخم‌مرغ، درصد وزن زرده و تغییرات وزن بدن پرندگان تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (P> ۰/۰۵). نتایج این آزمایش نشان داد که افزودن ۵۰۰FTU/kg فیتاز در کیلوگرم به جیره‌های با سطح پایین فسفر غیرفیتاته (۰/۱۲۱ درصد)، می‌تواند افت عملکرد تولیدی و کاهش ضخامت پوسته را جبران نموده و عملکردی مشابه با جیرهٔ حاوی سطح کافی فسفر معدنی (۰/۴۲۹درصد فسفر غیرفیتاته) فراهم سازد.

مشخصات مقاله

کلمات کلیدی: آنزیم فیتاز، فسفر غیرفیتاته، مرغ‌های تخم‌گذار مسن، عملکرد تولید، ضخامت پوسته

دریافت: ۱۴۰۵/۰۶/۲۹

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۸/۰۳

آنلاین: ۱۴۰۵/۰۸/۰۳

**:مسئول مکاتبات:
اعظم یوسفی قمشلو
آدرس ایمیل:
yousefi.a@lu.ac.ir

© 2026 Novel Research in Animal Science (NRAS), Lorestan University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

مقدمه

فسفر در دانه‌های گیاهی اغلب به‌صورت متصل با فیتیک اسید) میواینوزیتول هگزاکیس دی‌هیدروژن فسفات؛ InsP6) و نمک‌های آن که فیتات نامیده می‌شوند، وجود دارد (۱). این شکل از فسفر به‌میزان اندکی برای حیوانات تک‌معده‌ای قابل دسترس است؛ به‌طوری‌که از کل فسفر غلات مورد استفاده در جیره‌های طیور، ۵۰ تا ۸۰ درصد آن به‌صورت فسفر فیتاته بوده و قابلیت دسترسی اندکی برای طیور دارد. فیتات علاوه بر به‌دام انداختن فسفر در ساختار خود، با ایجاد پیوند با برخی مواد معدنی، انواع خاصی از پروتئین و نشاسته، این مواد مغذی را نیز از دسترس حیوان تک‌معده‌ای خارج می‌کند. به منظور تامین نیاز فسفر در تک معده¬ای¬ها از مکمل‌های معدنی مانند مونو و دی‌کلسیم‌فسفات استفاده می¬شود (۴)، که با چالش‌های جدی اقتصادی و زیست‌محیطی همراه است. منابع فسفات جهان تجدیدناپذیرند و به‌گونه‌ای مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند که پیش‌بینی می‌شود ذخایر قابل استخراج فسفات زمین تا حدود ۵۰ سال آینده تخلیه شود (۵). اتکا به مکمل‌های فسفر معدنی علاوه بر افزایش هزینه خوراک، موجب دفع مقادیر قابل توجهی فسفر به محیط‌زیست و افزایش خطر آلودگی منابع آب نیز می‌شود(8)

راهکار اصلی برای رفع این چالش، استفاده از آنزیم فیتاز است. فیتازها (میواینوزیتول هگزاکیس‌فسفات فسفوهیدرولازها) زیرگروهی از فسفاتازها هستند که هیدرولیز فیتیک‌اسید را به فسفات غیرآلی و مشتقات میواینوزیتول فسفات کاتالیز کرده و گروه‌های فسفات را به‌صورت مرحله‌به‌مرحله از ساختار فیتات جدا می‌کنند (۳). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که افزودن فیتاز به جیره طیور، زیست‌فراهمی فسفر، قابلیت هضم نیتروژن و اسیدهای آمینه و همچنین انرژی قابل متابولیسم ظاهری را افزایش می‌دهد(۶، ۱۱، ۱۲).

در برخی مطالعات، سطح توصیه‌شده فیتاز در جیره طیور، FTU/kg 500 برآورد شده است (۲). با این حال، کارایی هیدرولیز فسفر فیتاته بسته به سطح مصرف آنزیم و ویژگی‌های فیزیولوژیکی پرنده متغیر است (۸) و تعیین حداقل دوز مؤثر فیتاز در شرایط حذف کامل مکمل‌های فسفر معدنی در اواخر دوره تولید همچنان نیازمند بررسی دقیق است.

در این زمینه، برخی پژوهشگران اثر افزودن فیتاز را در جیره‌های دارای سطوح پایین فسفر غیرفیتاته در مرغ‌های تخم‌گذار بررسی کرده‌اند (۱۴، ۱۵، ۱۶). وانگ و همکاران (۱۷) گزارش کردند که افزودن فیتاز در سطح FTU/kg 360 به جیره با فسفر غیرفیتاته ۰/۱۶ درصد (با کمتر از ۰/۱ درصد مکمل فسفر معدنی) عملکرد تخم‌گذاری را در سطح قابل قبولی حفظ می‌کند. همچنین پژوهش دیگری نشان داد که با افزودن فیتاز، کاهش فسفر غیرفیتاته جیره تا سطح ۰/۲۵ درصد تأثیر نامطلوبی بر معدنی‌شدن استخوان مرغ‌های تخم‌گذار ندارد (۱۸). یک مطالعه مروری اخیر نشان داده است که نیاز واقعی مرغ‌های تخم‌گذار به فسفر غیرفیتاته به مراتب کمتر از مقادیر سنتی بوده و سطوح در حدود ۲/۲ گرم در کیلوگرم (۰/۲۲ درصد) جیره نیز در حضور آنزیم فیتاز می‌تواند سلامت استخوان و عملکرد تولیدی را تضمین نماید (۲۲). از این رو،

ارزیابی کارایی سطوح مختلف فیتاز در جیره‌های با کاهش فسفر قابل دسترس حائز اهمیت ویژه‌ای است. هدف از پژوهش حاضر ارزیابی اثر سطوح افزایشی آنزیم فیتاز در جیره دارای کمبود فسفر غیرفیتاته بر عملکرد تولیدی و شاخص‌های کیفی تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از ۲۴۰ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه های‌لاین (W36) در سن ۷۰ تا ۷۵ هفتگی در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و پنج تکرار (هشت قطعه مرغ در هر تکرار) انجام شد. پرندگان در قفس‌هایی به ابعاد ۴۶ × ۳۰ سانتی‌متر مستقر شدند و مدیریت روشنایی (۱۶ ساعت روشنایی با شدت ۱۰ لوکس) مطابق با راهنمای پرورش سویه های‌لاین اعمال گردید. آب آشامیدنی از طریق آبخوری‌های نیپل تأمین شد. برای جلوگیری از اختلاط خوراک بین قفس‌های مجاور، دانخوری‌های ناودانی با استفاده از کارتن‌پلاست کاملاً جداسازی شدند.

جیره‌های آزمایشی بر اساس توصیه‌های راهنمای پرورش سویه های‌لاین فرموله شدند. نمونه‌برداری از مواد خوراکی جهت آنالیز شیمیایی و تعیین ترکیب مواد مغذی مطابق با روش‌های استاندارد AOAC انجام شد (جدول ۱). در تیمارهای آزمایشی، جهت ایجاد تفاوت در سطوح فسفر، از ماسه به‌عنوان پرکننده برای هم‌ترازسازی جیره‌ها استفاده شد.

تیمارهای آزمایشی شامل موارد زیر بودند:

۱. شاهد منفی (جیره پایه + ۱۸ گرم در کیلوگرم ماسه، بدون فیتاز)

۲. شاهد مثبت (جیره پایه + ۱۸ گرم در کیلوگرم دی‌کلسیم‌فسفات)

۳ تا ۶. جیره پایه + سطوح افزایشی آنزیم فیتاز (۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و 10000 FTU/kg 500FTU/kg).

در تیمارهای حاوی آنزیم، ماسه به ترتیب با نرخ‌های ۱۷/۹۸، ۱۷/۹۷، ۱۷/۹۶، ۱۷/۹۵ در کیلوگرم جایگزین شد تا توازن جیره حفظ شود.

جمع‌آوری داده‌ها و اندازه‌گیری شاخص‌ها:

درصد تولید تخم‌مرغ بر مبنای روز-مرغ به‌صورت روزانه ثبت و میانگین هفتگی آن محاسبه شد. تخم‌مرغ‌های تولیدی هر واحد آزمایشی به‌صورت هفتگی با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) توزین گردیدند. ثبت تعداد تخم‌مرغ‌های شکسته و لمبه به‌صورت روزانه انجام شد.

جهت اندازه‌گیری وزن زرده و ضخامت پوسته، در پایان هر هفته دو نمونه تخم‌مرغ از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب شد. وزن زرده با ترازوی دیجیتال (دقت ۰/۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد. ضخامت پوسته پس از خشک‌شدن در دمای محیط، در سه ناحیه (سر، انتها و بخش میانی) توسط کولیس دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر) اندازه‌گیری و میانگین سه ناحیه به‌عنوان ضخامت نهایی پوسته در نظر گرفته شد. وزن‌کشی پرندگان در ابتدا و انتهای دوره آزمایش با ترازوی دقیق انجام و تغییرات وزن بدن ثبت شد.

تحلیل آماری:

آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. پیش از تجزیه و تحلیل داده‌ها، نرمال بودن توزیع خطاها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک مورد بررسی و تأیید قرار گرفت. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه۹/۴) و تحت رویه GLM با مدل آماری زیر مورد تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) قرار گرفتند:

$$Yij=\mu+Ti+\varepsilon ij$$

که در آن:Y_{ij}: مقدار هر مشاهده مربوط به تیمار iام و تکرار jام، μ: میانگین کل جامعه، T_i: اثر ثابت تیمار آزمایشی iام ($i=1,2,\ldots,6$) و ε_{ij}: اثر خطای آزمایشی هستند. داده‌های وزن اولیه پرندگان در ابتدای دوره اندازه‌گیری و پیش از شروع آزمایش مورد مقایسه آماری قرار گرفت تا اطمینان حاصل شود که میانگین وزن اولیه پرندگان در میان تیمارهای مختلف فاقد اختلاف معنی‌دار است و گروه‌ها از نظر وزن اولیه کاملاً همگن بوده‌اند. با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار وزن اولیه در ابتدای دوره، تغییرات وزن بدن طی دوره (Yij) بر اساس مدل آماری ذکرشده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها در صورت وجود اختلاف معنی‌دار آماری، با آزمون چند دامنه‌ای توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نتایج به‌صورت میانگین به همراه خطای معیار میانگین (SEM) در جداول گزارش گرد.

جدول ۱– ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی (گرم در کیلوگرم)

			آنزیم فیتاز			
مواد خوراکی		**شاهد منفی**	**شاهد مثبت**	**۲۰۰ FTU**	**۳۰۰ FTU**	**۴۰۰ FTU**	**۵۰۰ FTU**
ذرت	۵۰/۵	۵۰/۵	۵۰/۵	۵۰/۵	۵۰/۵	۵۰/۵
کنجاله سویا (۴۴٪)	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۴
جو	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
پودر چربی	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶
دی‌کلسیم فسفات	۰	۱/۸	۰	۰	۰	۰
کربنات کلسیم	۹/۴۵	۹/۴۵	۹/۴۵	۹/۴۵	۹/۴۵	۹/۴۵
نمک	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴
جوش شیرین	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸
مکمل معدنی۱	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
مکمل ویتامینه۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
دی-ال متیونین	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳
فیتاز تجاری	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵
ماسه	۱/۸	۰	۱/۷۹۹۸	۱/۷۹۹۷	۱/۷۹۹۶	۱/۷۹۹۵
جمع	**۱۰۰**	**۱۰۰**	**۱۰۰**	**۱۰۰**	**۱۰۰**	**۱۰۰**
مواد مغذی (درصد)						
انرژی قابل متابولیسم	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰

(کیلوکالری در کیلوگرم)						
پروتئین خام محاسبه شده	۱۳/۱۷	۱۲/۹۹	۱۳/۰۶	۱۲/۷۸	۱۲/۶۹	۱۲/۸۶
کلسیم	۳/۹۱	۴/۳۵	۳/۹۱	۳/۹۱	۳/۹۱	۳/۹۱
فسفر کل	۰/۳۲۳	۰/۶۳۱	۰/۳۲۳	۰/۳۲۳	۰/۳۲۳	۰/۳۲۳
فسفر غیر فیتاته	۰/۱۲۱	۰/۴۲۹	۰/۱۲۱	۰/۱۲۱	۰/۱۲۱	۰/۱۲۱
اندازه‌گیری شده						
کلسیم	۳/۳۵	۳/۹۷	۲/۷۹	۲/۸۱	۲/۹۶	۲/۸۶
فسفر کل	۰/۲۵۵	۰/۵۴۰	۰/۲۵۶	۰/۲۵۳	۰/۲۴۶	۰/۲۴۵

۱-مکمل معدنی به ازای هر کیلوگرم جیره مواد مغذی زیر را تامین کرد: ۷۵ میلی¬گرم منگنز، ۷۵ میلی‌گرم آهن، ۶۰ میلی‌گرم روی، ۰/۸۶۸ میلی‌گرم ید، ۰/۲ میلی‌گرم سلنیوم، ۲۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید

۲-مکمل ویتامینه به ازای هر کیلوگرم جیره، مواد مغذی زیر را تامین کرد: ۸۸۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۱۱ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۲/۲ میلی‌گرم ویتامین K3، ۱/۵ میلی‌گرم ویتامین B1، ۴ میلی‌گرم ویتامین B2، ۸ میلی‌گرم ویتامین B3، ۳۵ میلی‌گرم ویتامین B5، ۲/۴۶۲ میلی‌گرم ویتامین B6، ۰/۵۰۴ میلی‌گرم ویتامین B9، ۰/۰۱ میلی‌گرم ویتامین B، ۰/۱۵۰ میلی¬گرم بیوتین، ۲۰۰ میلی‌گرم کولین‌کلراید، ۱ میلی‌گرم B.H.T

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف دی‌کلسیم فسفات و افزودن سطوح افزایشی آنزیم فیتاز به جیره مرغ‌های تخم‌گذار سویه های-لاین W-36 در سن ۷۰ تا ۷۵ هفتگی بر صفات عملکردی و وزن بدن در جدول ۲ ارائه شده است. در هفته‌های ۷۰ تا ۷۳ دوره پرورش، اختلاف معنی‌داری بین هیچ‌یک از گروه‌های آزمایشی از نظر درصد تولید تخم‌مرغ، تولید تخم‌مرغ قابل فروش و ضریب تبدیل خوراک مشاهده نشد (P>۰/۰۵). با این حال، با تداوم آزمایش و در هفته‌های ۷۴ و ۷۵، کاهش شدید سطح فسفر غیرفیتاته در تیمار شاهد منفی منجر به افت معنی‌دار عملکرد تولیدی و افزایش ضریب تبدیل خوراک گردید (P<۰/۰۵). در هفته ۷۵، کل تولید تخم‌مرغ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (P<۰/۰۵)؛ به‌طوری‌که کمترین میزان تولید تخم‌مرغ در تیمار شاهد منفی ثبت شد، در حالی‌که افزودن 500 FTU/kg فیتاز توانست تولید تخم‌مرغ را به سطح تیمار شاهد مثبت (حاوی ۱۸ گرم در کیلوگرم دی‌کلسیم فسفات) ارتقا دهد. درصد تولید تخم‌مرغ در هفته‌های ۷۴ و ۷۵ در تمامی تیمارهای دریافت‌کننده فیتاز و شاهد مثبت به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد منفی بود (P<۰/۰۵). در این میان، تیمارهای حاوی FTU/kg500 فیتاز و شاهد مثبت به‌طور معنی‌داری بالاترین درصد تولید را به خود اختصاص دادند (P<۰/۰۵)؛ همچنین درصد تولید تخم‌مرغ قابل فروش در هفته‌های ۷۴ و ۷۵ با افزودن آنزیم فیتاز یا دی‌کلسیم فسفات در مقایسه با شاهد منفی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵) و در هفته ۷۴، بیشترین درصد تخم‌مرغ قابل فروش به تیمارهای شاهد مثبت و FTU/kg 500فیتاز تعلق داشت.

جدول ۲- اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار از هفته۷۰-۷۵

سن (هفته)	تیمار							
	شاهد منفی	شاهد مثبت	۲۰۰ FTU	۳۰۰ FTU	۴۰۰ FTU	۵۰۰ FTU	P- Value	SEM
کل تولید تخم مرغ								
۷۰	۴۰/۲۰	۴۲/۰۰	۳۸/۶۰	۴۳/۰۰	۴۱/۶۰	۴۱/۰۰	۰/۹۳۶۶	۲/۷۷۸
۷۱	۴۱/۴۰	۳۸/۲۰	۳۶/۴۰	۴۰/۸۰	۳۹/۸۰	۳۸/۰۰	۰/۲۴۰۱	۱/۹۹۶
۷۲	۳۶/۰۰	۳۴/۶۰	۳۵/۴۰	۳۹/۸۰	۴۰/۰۰	۳۷/۴۰	۰/۳۶۰۷	۱/۸۹۵
۷۳	۳۷/۴۰	۳۷/۰۰	۳۴/۴۰	۳۷/۸۰	۳۹/۸۰	۳۹/۰۰	۰/۷۴۴۹	۲/۱۴۰
۷۴	۳۱/۶۰	۳۷/۲۰	۳۳/۰۰	۳۹/۶۰	۳۶/۲۰	۴۰/۰۰	۰/۰۸۷۷	۲/۰۵۶
۷۵	۲۹/۲۰^{c}	۴۱/۲۰^{a}	۳۴/۸۰^{b}	۳۷/۴۰^{ab}	۳۵/۲۰^{b}	۴۱/۲۰	۰/۰۰۰۶	۱/۸۰۰
درصد تولید تخم مرغ								
۷۰	۷۱/۷۸	۷۵/۰۰	۶۸/۹۲	۷۶/۷۸	۷۴/۲۸	۷۳/۶۸	۰/۹۳۳۹	۴/۹۵۴
۷۱	۷۳/۹۳	۶۸/۹۸	۶۵/۰۰	۷۲/۸۵	۷۱/۰۷	۶۹/۳۸	۰/۱۷۵۶	۳/۳۸۲
۷۲	۶۴/۲۸	۷۳/۱۶	۶۳/۲۱	۷۱/۰۷	۷۱/۴۲	۶۸/۵۷	۰/۲۷۷۴	۳/۴۸۶
۷۳	۶۶/۷۸	۶۷/۸۵	۶۱/۴۲	۶۷/۵۰	۷۱/۰۷	۷۱/۴۳	۰/۵۵۳	۳/۷۴۱
۷۴	۵۶/۴۳^{c}	۶۹/۵۹^{ab}	۵۸/۹۲^{c}	۷۰/۷۱^{a}	۶۶/۶۳^{abc}	۷۳/۰۶^{a}	۰/۰۳۲۰	۳/۴۷۵
۷۵	۵۲/۱۴^{c}	۷۷/۶۵^{a}	۶۲/۱۴^{b}	۶۶/۷۸^{b}	۶۴/۷۴^{b}	۷۷/۱۴^{a}	۰/۰۰۰۲	۳/۳۸۵
درصد تولید تخم مرغ قابل فروش								
۷۰	۶۹/۹۹	۷۳/۹۲	۶۶/۰۷	۷۴/۶۴	۷۱/۴۲	۷۱/۱۷	۰/۸۴۶۶	۴/۶۹۰
۷۱	۶۸/۵۷	۶۷/۱۶	۵۹/۶۴	۶۶/۷۸	۶۷/۸۵	۶۵/۲۰	۰/۲۹۳۸	۳/۸۳۰
۷۲	۶۲/۵۰	۷۱/۲۲	۶۲/۵۰	۶۲/۵۰	۶۲/۵۰	۶۴/۲۸	۰/۲۰۹۰	۲/۷۴۱
۷۳	۶۲/۸۵	۶۴/۱۸	۵۶/۰۷	۶۵/۳۵	۶۶/۴۲	۶۷/۱۴	۰/۶۸۹۷	۴/۴۵۱
۷۴	۵۲/۸۵^{c}	۶۸/۷۸^{a}	۵۳/۵۷^{bc}	۶۴/۶۴^{ab}	۶۵/۱۵^{ab}	۷۱/۲۲^{a}	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۵
۷۵	۴۷/۵۰^{d}	۷۴/۱۳^{ab}	۵۷/۸۵^{c}	۶۴/۲۸^{bc}	۶۲/۲۴^{c}	۷۵/۶۱^{a}	۰/۰۰۰۱	۳/۵۸۱
ضریب تبدیل خوراک								
۷۰	۲/۶۱	۲/۱۵	۲/۶۰	۲/۲۶	۲/۳۴	۲/۳۰	۰/۴۷۴۲	۰/۱۸۱
۷۱	۲/۲۹	۲/۴۹	۲/۶۴	۲/۳۹	۲/۳۷	۲/۳۹	۰/۱۳۷۶	۰/۱۳۰
۷۲	۲/۶۲	۲/۲۶	۲/۶۹	۲/۳۷	۲/۳۹	۲/۵۳	۰/۳۵۹۷	۰/۱۴۶
۷۳	۲/۵۶	۲/۴۹	۲/۷۵	۲/۵۵	۲/۵۴	۲/۴۳	۰/۷۷۴۶	۰/۱۷۷
۷۴	۳/۰۴^{a}	۲/۴۵^{bc}	۲/۸۳^{ab}	۲/۳۷^{bc}	۲/۵۴^{bc}	۲/۲۷^{c}	۰/۰۳۰۸	۰/۱۵۱
۷۵	۳/۳۲^{a}	۲/۱۷^{cd}	۲/۶۳^{b}	۲/۵۴^{bc}	۲/۵۶^{bc}	۲/۱۳^{d}	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۳۴
وزن بدن (گرم)								
۷۰	۱۴۴۹/۲۵	۱۵۲۰/۰۰	۱۴۸۴/۲۵۰	۱۴۶۷/۷۵	۱۴۹۶/۴۳	۱۴۵۶/۷۵	۰/۴۲۱	۲۵/۸۷۸
۷۵	۱۳۸۳/۷۵	۱۴۶۶/۸۹	۱۴۳۶/۵۰	۱۴۲۶/۷۵	۱۴۴۱/۴۳	۱۴۵۱/۵۰	۰/۲۸۲	۲۱/۵۸۳
تغییر وزن بدن طی دوره آزمایش								
	−۶۵/۵۰	−۵۳/۱۱	−۴۷/۷۵	−۴۱/۰۰	−۵۴/۸۲	−۵/۲۵	۰/۴۵۰	۲۰/۹۱۵

حروف متفاوت در هر ردیف، نشان دهندهٔ وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

ضریب تبدیل خوراک در هفته‌های ۷۴ و ۷۵ در تیمارهای دریافت‌کننده سطوح مختلف فیتاز و شاهد مثبت نسبت به شاهد منفی به‌طور معنی‌داری بهبود (کاهش) یافت (P<۰/۰۵) و کمترین مقدار ضریب تبدیل خوراک در هر دو هفته مربوط به تیمار FTU/kg 500 فیتاز بود. بررسی وزن بدن در ابتدا و انتهای دوره و نیز تغییرات وزن بدن نشان داد که اگرچه در تمامی گروه‌ها کاهش جزئی وزن بدن در طول دوره رخ داده است، اما از نظر تغییرات وزن بدن تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت (P<۰/۰۵). نتایج حاصل از ارزیابی صفات کیفی تخم‌مرغ شامل وزن تخم‌مرغ، وزن زرده، درصد زرده و ضخامت پوسته در جدول ۳ گزارش شده است.

در طول دورهٔ آزمایش، وزن تخم‌مرغ و درصد وزن زرده تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند و هیچ‌گونه اختلاف آماری معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد (P>۰/۰۵). از نظر وزن زرده، تنها در هفته ۷۴ تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده گردید (P<۰/۰۵). بررسی ضخامت پوسته تخم‌مرغ نشان داد که در هفته ۷۳ و به‌ویژه در هفته ۷۵ تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت؛ به‌گونه‌ای که در سن ۷۵ هفتگی، تیمارهای دریافت‌کننده ۲۰۰ و FTU/kg 500 فیتاز و همچنین تیمار شاهد مثبت (۱۸ گرم در کیلوگرم دی‌کلسیم فسفات) ضخامت پوسته را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد منفی افزایش دادند (P<۰/۰۵) و کمترین ضخامت پوسته در تیمار شاهد منفی اندازه‌گیری شد. در پژوهش حاضر، حذف کامل منبع فسفر معدنی (دی‌کلسیم فسفات) سطح فسفر غیرفیتاته جیره را تا حدود ۳/۵ برابر در مقایسه با تیمار شاهد مثبت کاهش داد (۰/۱۲۱ در برابر ۰/۴۲۹ درصد) عدم مشاهده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تولید و ضریب تبدیل خوراک در هفته‌های اولیه (۷۰ تا ۷۳) با فیزیولوژی استخوان و ذخایر فسفر مرغ‌های مسن سازگاری دارد. پرندگان تخم‌گذار در مراحل اولیه کمبود فسفر، نیاز فیزیولوژیکی خود را از طریق بازجذب کلسیم و فسفر از ماتریکس استخوان‌های مدولاری و بازجذب کلیوی جبران می‌کنند (۱۶, ۲۰). با این حال، با تداوم تغذیه با جیره فاقد فسفر معدنی در هفته‌های ۷۴ و ۷۵ و تخلیه تدریجی این ذخایر، شاهد افت شدید درصد تولید تخم‌مرغ و افزایش نامطلوب ضریب تبدیل در گروه شاهد منفی بودیم. افزودن آنزیم فیتاز در سطح FTU/kg 500 توانست افت ناشی از کمبود شدید فسفر را به‌طور کامل خنثی ساخته و عملکرد تولیدی، درصد تولید تخم‌مرغ قابل فروش و ضریب تبدیل خوراک را در هفته‌های پایانی به سطح تیمار شاهد مثبت برساند. این پاسخ نشان می‌دهد که فعالیت آنزیم فیتاز در سطح FTU/kg 500 با شکستن پیوندهای استری اسید فیتیک و آزادسازی متوالی گروه‌های فسفات، فسفر قابل‌دسترس کافی را برای حفظ ترشح هورمون‌های تولیدمثلی و سنتز زرده فراهم ساخته است.(4, 6)

جدول ۳- جدول ۳- اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن تخم مرغ، وزن زرده، درصد زرده و ضخامت پوسته در مرغ¬های تخم¬گذار از هفته۷۰-۷۵

سن (هفته)	تیمار						P- Value	SEM
	شاهد منفی	شاهد مثبت	۲۰۰ FTU	۳۰۰ FTU	۴۰۰ FTU	۵۰۰ FTU		
وزن تخم مرغ (گرم)								
۷۰	۵۴/۵۱	۶۱/۹۴	۵۷/۷۲	۵۹/۸۳	۵۸/۳۶	۵۹/۲۹	۰/۴۱۳	۱/۹۲۳
۷۱	۵۹/۱۵	۵۸/۴۹	۵۸/۳۶	۵۹/۲۱	۵۹/۳۶	۶۰/۸۱	۰/۸۳۷	۱/۱۱۵
۷۲	۵۹/۸۸	۶۰/۹۲	۵۹/۵۰	۶۰/۳۶	۵۸/۸۱	۵۸/۲۸	۰/۷۲۴	۱/۱۳۸
۷۳	۵۹/۳۶	۵۹/۳۰	۵۹/۷۶	۵۹/۱۲	۵۶/۲۷	۵۸/۱۰	۰/۸۷۱	۱/۷۴۴۹
۷۴	۵۸/۵۷	۵۹/۲۵	۶۱/۱۸	۶۰/۳۰	۵۹/۷۰	۶۱/۴۵	۰/۴۶۴	۱/۰۹۴
۷۵	۵۸/۲۷	۵۹/۶۳	۶۱/۴۶	۵۹/۰۳	۶۰/۸۸	۶۱/۳۹	۰/۱۳۲	۱/۰۰۸
وزن زرده (گرم)								
۷۰	۱۵/۹۴^{b}	۱۸/۷۳^{a}	۱۵/۹۲^{b}	۱۶/۸۶^{b}	۱۷/۴۷^{ab}	۱۷/۴۹^{ab}	۰/۰۱۳	۰/۵۳۵۸
۷۱	۱۷/۲۶	۱۷/۵۲	۱۷/۲۷	۱۷/۴۴	۱۷/۵۰	۱۷/۵۱	۰/۸۳۱	۰/۵۶۵۷
۷۲	۱۶/۷۱	۱۷/۶۷	۱۷/۳۱	۱۷/۵۰	۱۷/۷۰	۱۷/۷۱	۰/۱۶۳	۰/۳۴۲۹
۷۳	۱۷/۱۹	۱۷/۶۳	۱۸/۱۴	۱۷/۷۸	۱۷/۶۵	۱۷/۹۶	۰/۷۸۰	۰/۳۹۲
۷۴	۱۶/۶۸^{b}	۱۸/۱۴^{a}	۱۸/۱۰^{a}	۱۸/۱۷^{a}	۱۷/۴۲^{ab}	۱۸/۵۵^{a}	۰/۰۲۴	۰/۳۹۶
۷۵	۱۶/۴۶^{ab}	۱۷/۳۶^{a}	۱۷/۰۴^{ab}	۱۶/۷۸^{ab}	۱۷/۵۱^{a}	۱۷/۳۸^{a}	۰/۰۵۸	۰/۳۲۲
درصد وزن زرده								
۷۰	۲۹/۵۱	۳۰/۲۸	۲۷/۸۱	۲۸/۲۰	۳۰/۱۳	۲۹/۴۸	۰/۸۰۱	۱/۳۹۷
۷۱	۲۹/۱۷	۳۰/۰۶	۲۹/۵۸	۲۹/۵۱	۲۹/۴۸	۲۸/۷۲	۰/۵۳۰	۰/۹۶۴۸
۷۲	۲۷/۹۳	۲۹/۰۷	۲۹/۰۱	۳۰/۱۰	۳۰/۵۵	۶۴/۲۸	۰/۱۵۰	۰/۶۸۹۳
۷۳	۲۸/۹۶	۲۹/۸۰	۳۰/۳۵	۳۰/۰۹	۳۱/۷۴	۳۱/۰۷	۰/۵۷۹	۱/۰۱۱
۷۴	۲۸/۵۱	۳۰/۷۰	۲۹/۵۹	۳۰/۱۷	۲۹/۲۰	۳۰/۲۰	۰/۶۹۰	۰/۸۰۹۵
۷۵	۲۸/۲۷	۲۹/۷۳	۲۷/۷۶	۲۸/۴۷	۲۸/۸۰	۲۸/۳۲	۰/۷۳۲	۰/۰۶۹۶
ضخامت پوسته (میکروکتر)								
۷۰	۰/۳۳۶	۰/۳۶۹	۰/۳۵۱	۰/۳۴۵	۰/۳۶۰	۰/۳۵۷	۰/۴۰۷	۰/۰۱۲۹
۷۱	۰/۳۵۸	۰/۳۵۹	۰/۳۷۹	۰/۳۵۴	۰/۳۶۱	۰/۳۶۰	۰/۳۷۹	۰/۰۰۸
۷۲	۰/۳۳۴	۰/۳۶۲	۰/۳۵۵	۰/۳۵۳	۰/۳۵۵	۰/۳۶۶	۰/۳۷۲	۰/۰۰۸۶
۷۳	۰/۳۲۴^{c}	۰/۳۶۸^{a}	۰/۳۶۲^{ab}	۰/۳۶۲^{ab}	۰/۳۶۲^{ab}	۰/۳۶۳^{ab}	۰/۰۱۸	۰/۰۰۸۶
۷۴	۰/۳۴۸	۰/۳۷۱	۰/۳۶۵	۰/۳۵۱	۰/۳۷۲	۰/۳۶۹	۰/۱۵۹	۰/۰۰۷۱
۷۵	۰/۳۴۴^{c}	۰/۳۶۶^{ab}	۰/۳۷۲^{a}	۰/۳۵۲^{bc}	۰/۳۵۸^{abc}	۰/۳۶۶^{ab}	۰/۰۴۵	۰/۰۰۵۷

حروف غیریکسان در هر ردیف نشان‌دهندۀ تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ هستند.

یافته‌های ما با گزارش‌های اخیر در مرغ‌های تخم‌گذار مطابقت دارد Ren .و همکاران (۱۶) گزارش کردند که در مرغ‌های مسن (۶۹ تا ۷۸ هفتگی) ، کاهش فسفر غیرفیتاته تا سطح ۰/۱۵ درصد در صورت استفاده از سطوح مناسب فیتاز،

اثری منفی بر عملکرد پرنده ندارد. همچنین در مطالعه‌ای جامع توسط Sacakli و همکاران (۲۰)، حذف مکمل‌های فسفر معدنی در جیره‌های بر پایه غلات-سویا و افزودن فیتاز میکروبی توانست ضریب تبدیل خوراک و نرخ تولید را کاملاً در سطح جیره شاهد استاندارد حفظ نماید و مقاومت استخوان‌های درشت‌نی و ران را ارتقا بخشد.

از سوی دیگر، سطوح پایین‌تر فیتاز 200 تا 400 FTU/kgدر آزمایش فعلی گرچه تا حدی عملکرد را نسبت به شاهد منفی بهبود بخشیدند، اما نتوانستند تولید را به سطح حداکثری شاهد مثبت برسانند؛ موضوعی که بیانگر نیاز به دوزهای حداقل 500 FTU/kgبرای آزادسازی مقادیر کافی فسفر از کمپلکس‌های نامحلول فیتات-کلسیم در جیره‌های با فسفر بسیار پایین است.(9, 21)

عدم تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن تخم‌مرغ و وزن بدن هم‌راستا با نتایج پژوهش‌های پیشین است (۱۵, ۱۹). پرنده تخم‌گذار هنگام مواجهه با کمبود متوسط تا شدید مواد مغذی، ترجیح می‌دهد نرخ تخم‌گذاری را کاهش دهد تا این‌که اندازه و اجزای تخم‌مرغ را تغییر دهد؛ بنابراین وزن تخم‌مرغ کمترین حساسیت را به تغییرات فسفر جیره نشان می‌دهد.(13)

در خصوص کیفیت پوسته، کاهش معنی‌دار ضخامت پوسته در هفته ۷۵ در تیمار شاهد منفی و بهبود آن با افزودن فیتاز) به‌ویژه سطوح ۲۰۰ و 500 FTU/kg)نشان‌دهنده برهم‌کنش دقیق کلسیم و فسفر در فرآیند کلسیفیکاسیون پوسته است. در اواخر دوره تخم‌گذاری، فعالیت ترشحی غده پوسته افت کرده و کارایی جذب مواد معدنی کاهش می‌یابد. در این شرایط، فیتاز نه‌تنها فسفر فیتاته را آزاد می‌کند، بلکه با حذف اثر کلاته‌کنندگی اسید فیتیک بر کلسیم، قابلیت دسترسی و جذب روده‌ای کلسیم را نیز افزایش داده و نسبت مناسب کلسیم به فسفر را برای تشکیل کریستال‌های کلسیت پوسته بازسازی می‌نماید (۴, ۲۱). این امر موجب استحکام ساختار کریستالی و حفظ ضخامت پوسته در سنین بالا می‌گردد.

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در مرغ‌های تخم‌گذار در سنین پایانی تولید (۷۰ تا ۷۵ هفتگی)، می‌توان منبع فسفات معدنی جیره را به‌طور کامل با افزودن 500 FTU/kg آنزیم فیتاز جایگزین کرد، بدون آنکه عملکرد تولیدی، تخم‌مرغ قابل فروش و ضخامت پوسته دچار افت شود؛ امری که علاوه بر کاهش هزینه‌های جیره‌نویسی، از دفع مازاد فسفر به محیط زیست جلوگیری می‌نماید.

منابع

1. Rodehutscord, M., Ruckert, C., Maurer, H. P., Schenkel, H., Schipprack, W., Bach Knudsen, K. E., Schollenberger, M., Laux, M., Eklund, M., Siegert, W., & Mosenthin, R. (2016). Variation in chemical composition and physical characteristics of cereal grains from different genotypes. Archives of Animal Nutrition, 70(2), 87–107.

2. Selle, P. H., & Ravindran, V. (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. Animal Feed Science and Technology, 135(1–2), 1–41.

3. Singh, B., & Satyanarayana, T. (2011). Phytases from thermophilic molds: their production, characteristics and multifarious applications. Process Biochemistry, 46(7), 1391–1398.

4. Valente Junior, D. T., Ribeiro, V., Viana, G. S., & Hannas, M. I. (2024). Carbohydrases and phytase in poultry and pig nutrition: A review beyond the nutrients and energy matrix. Animals, 14(2), 226.

5. Daneshgar, S., Calvo-Webster, D., Borda, A. M., & Bougouin, A. (2018). The future of phosphorus: A review on the global phosphorus crisis and sustainability. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 10, 80–91.

6. Nuamah, E., Adjei-Mensah, B., & Osei-Amponsah, R. (2024). Unlocking phytate with phytase: A meta-analytic view of poultry performance and bone mineralization potential. Animals, 14(14), 2090.

7. Cowieson, A. J., Acamovic, T., & Bedford, M. R. (2006). Supplementation of corn soy-based diets with an Escherichia coli-derived phytase: Effects on broiler chick performance and the digestibility of amino acids and metabolizability of minerals and energy. Poultry Science, 85(8), 1389–1397.

8. Dersjant-Li, Y., Awati, A., Schulze, H., & Partridge, G. (2015). Phytase in nonruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(5), 878–896.

9. Walk, C. L., & Rama Rao, S. V. (2020). Dietary available phosphorus and phytase effects on laying hen performance, bone characteristics, and inositol levels. Poultry Science, 99(11), 5789–5797.

10. Sommerfeld, V., Schollenberger, M., Kühn, I., & Rodehutscord, M. (2020). Degradation of phytate and free myo-inositol release in laying hens supplemented with phytase. Poultry Science, 99(8), 4058–4067.

11. Gehring, C. K., Bedford, M. R., & Dozier, III, W. A. (2013). Extra-phosphoric effects of phytase with and without xylanase in corn-soybean meal-based diets fed to broilers. Poultry Science, 92(4), 979–991.

12. Ravindran, V., Cabahug, S., Ravindran, G., Selle, P. H., & Bryden, W. L. (2000). Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorous levels. British Poultry Science, 41(2), 193–200.

13. Rodehutscord, M., Sommerfeld, V., Roselina Angel, C., & Korver, D. R. (2023). Minimum phosphorus requirements for laying hen feed formulations. Poultry Science, 102(9), 102344.

14. Englmaierova, M., Skrivanova, V., & Skrivan, M. (2014). The effect of non-phytate phosphorus and phytase levels on performance, egg and tibia quality, and pH of the digestive tract in hens fed higher calcium-content diets. Czech Journal of Animal Science, 59(3), 107–115.

15. Bello, A., & Korver, D. R. (2019). Long-term effects of Buttiauxella sp. phytase on performance, eggshell quality, apparent ileal Ca and P digestibility, and bone properties of white egg layers. Poultry Science, 98(10), 4848–4859.

16. Ren, Y., Liu, Y., Jiang, K., Li, L., Jiao, N., Zhu, Z., Zhang, K., Jiang, S., Yang, W., & Li, Y. (2023). Effects of low-phosphorus diets supplemented with phytase on the production performance, phosphorus-calcium metabolism, and bone metabolism

of aged Hy-Line Brown laying hens. Animals, 13(6), 1042.

17. Wang, S., Tang, C. H., Zhang, J. M., & Wang, X. Q. (2013). The effect of dietary supplementation with phytase transgenic maize and different concentrations of non-phytate phosphorus on the performance of laying hens. British Poultry Science, 54(4), 466–470.

18. Hughes, A. L., Dahiya, J. P., Wyatt, C. L., & Classen, H. L. (2009). Effect of quantum phytase on nutrient digestibility and bone ash in White Leghorn laying hens fed corn-soybean meal-based diets. Poultry Science, 88(6), 1191–1198.

19. Kim, J. H., Walk, C. L., & Nyachoti, C. M. (2021). The effects of phytase and dietary non-phytate phosphorus levels on egg production, eggshell quality, and tibia characteristics in laying hens. Journal of Applied Poultry Research, 30(2), 100148.

20. Sacakli, P., Ramay, M. S., Ceylan, A., Çınar, Ö. Ö., Elibol, F. K. E., Harijaona, J. A., Shastak, Y., & Ader, P. (2025). Effects of supplemental hybrid bacterial 6-phytase in low-energy, inorganic phosphorus-free hen diets on laying performance, egg quality, and bone strength. PLOS ONE, 20(5), e0322135. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322135

21. Meyer, M. M., Walk, C. L., & Persia, M. E. (2023). Effect of dietary available phosphorus and phytase supplementation on laying hen performance, eggshell quality, and tibia bone ash from 40 to 60 weeks of age. Journal of Applied Poultry Research, 32(3), 100346.

22. Rodehutscord, M., Sommerfeld, V., Angel, R., & Korver, D. R. (2023). Minimum phosphorus requirements for laying hen feed formulations. Poultry Science, 102(2), 102344. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102344.

journal homepage: https://nras.lu.ac.ir/

NRAS
Novel Research In Animal Science

دانشگاه لرستان
Lorestan University

The Effects of Low-Non-Phytate Phosphorus Diets Supplemented with Phytase on the Production Performance and Egg Quality in Aged Laying Hens

Azam Yousefi Qameshloo[1*], Mojtaba Zaghari[2]

1. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
2. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

ABSTRACT

The objective of the current study was to evaluate the effects of supplementing varying levels of microbial phytase into low-non-phytate phosphorus (NPP) diets on production performance and egg quality traits in commercial laying hens during late production. A total of 240 Hy-Line W-36 laying hens (70 to 75 weeks of age) were randomly assigned to 6 dietary treatments with 5 replicates of 8 birds each. The dietary treatments consisted of: 1) Negative control (NC; basal diet without supplemental dicalcium phosphate (DCP) or phytase, containing 0.121% NPP), 2) Positive control (PC; basal diet + 18 g/kg DCP, containing 0.429% NPP), and 3 to 6) four phytase-supplemented treatments (basal diet supplemented with 200, 300, 400, and 500 FTU/kg phytase, respectively). Total egg production, hen-day egg production percentage, and saleable egg production were significantly affected by dietary treatments at 74 and 75 weeks of age ($P<0.05$), with the NC group exhibiting a marked decline. Eggshell thickness was significantly increased in hens fed diets containing 500 FTU/kg phytase or the PC diet compared to the NC group at 75 weeks of age ($P<0.05$). Feed conversion ratio was also significantly improved in the 500 FTU/kg and PC treatments during weeks 74 and 75 ($P<0.05$). Egg weight, yolk percentage, and body weight changes were not significantly influenced by dietary treatments ($P>0.05$). In conclusion, supplementing 500 FTU/kg phytase to low-NPP diets (0.121%) successfully restored laying performance, feed efficiency, and eggshell thickness to levels comparable to the positive control diet containing adequate inorganic phosphorus (0.429% NPP), thereby allowing the complete replacement of inorganic phosphorus in aged laying hens.

ARTICLE INF

Keywords: Microbial phytase, Non-phytate phosphorus, Aged laying hens, Egg production, Eggshell thickness.

Received: 2026-09-20

Accepted:2026-10-25

Online: 2026-10-25

* Corresponding author: yousefi.a@lu.ac.ir

© 2026 Novel Research in Animal Science (NRAS), Lorestan University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.