دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

تاثیر تزریق درون‌تخم‌مرغی نانوآهن صفر ظرفیتی بهینه‌شده بر رشد جنینی و کیفیت جوجه‌های گوشتی (سویه راس ۳۰۸)

یاسر رضائیان[۱]، زربخت انصاری پیرسرائی[۲]، پوریا بی‌پروا[۳] و حمید دلدار[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: z.ansari@sanru.ac.ir)
۳- دانشیار گروه علوم پایه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴- دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰
صفحه: ۹۶ تا ۱۰۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: عناصر معدنی کم‌مصرف، از جمله آهن، برای رشد و نمو جنینی و رشد پس از تفریخ ضروری است. لذا برای رسیدن به بهترین کیفیت رشد جنینی و جوجه، بررسی‌های این مواد معدنی مفید است. پژوهش کنونی با هدف بررسی تاثیر تزریق درون تخم‌مرغی نانوآهن صفر ظرفیتی بهینه‌شده، بر رشد جنینی، نرخ جوجه‌درآوری، کیفیت جوجه و ویژگی‌های لاشه انجام شد.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر، ۵۰۰ تخم‌مرغ سویه راس ۳۰۸، پس از شماره‌گذاری و وزن‌کشی، در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تیمار، پنج تکرار و ۲۵ تخم‌مرغ در هر تکرار قرار گرفت. تیمارها عبارت بودند از: ۱- شاهد اول (Non-injected control): بدون تزریق ۲- شاهد دوم (Sham control): تزریق مخلوط اتانول، آسکوربیک‌اسید و نشاسته (حلال نانو آهن) ۳- تزریق مقدار ۲۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی ۴- تزریق مقدار ۵۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم نانوذرات آهن صفر ظرفیتی. حجم تزریق ۵۰ میکرولیتر و روز تزریق روز صفر جنینی بود و درون زرده انجام شد. سپس تخم‌مرغ‌ها در دستگاه جوجه‌کشی (با دمای ۳۷/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۱ درصد) قرار داده شدند. در پایان دوره جوجه‌کشی، درصد تفریخ و کیفیت جوجه بررسی شد. همچنین تخم‌مرغ‌های نابارور و تخم‌مرغ‌های با جنین مرده برای بررسی گامه‌های مرگ و میر جنینی به آزمایشگاه منتقل و شکسته شدند. جوجه‌های تفریخ شده به مزرعه پرورشی منتقل شدند و پس از هفت روز پرورش، وزن‌کشی شده و خون‌گیری از قلب آن‌ها برای اندازه‌گیری برخی فراسنجه‌های خونی انجام شد. از هر تیمار نه پرنده برای بررسی ویژگی‌های لاشه (ران+ساق، سینه، جگر، دوازدهه، ژژنوم، ایلیوم و سکوم) انتخاب و کشتار شدند. واکاوی داده‌ها با رویه GLM نرم‌افزار SAS انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تزریق نانوآهن صفر ظرفیتی بهینه‌شده نرخ جوجه‌درآوری را کاهش داد، ولی تاثیری بر کیفیت جوجه نداشت و وزن جگر و دوازدهه نیز افزایش معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). غلظت گلوکز خون نسبت به گروه‌های شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). تغییر معنی‌داری در متغیرهای دیگر وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های این پژوهش پیشنهاد می‌شود تا غلظت‌های کمتر از ۲۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تزریق و بررسی شود و این نتایج می‌تواند دلیلی بر زیاد بودن غلظت‌های تزریقی و اثر زیان‌بار آن‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: تزریق درون‌تخم‌مرغی، رشد جنینی و کیفیت جوجه، نانوآهن صفرظرفیتی

مقدمه

رشد جوجه پیش از تغذیه خارجی به عناصر ماده مغذی جذب شده از زرده‌ی باقی مانده، وابسته است. این زرده در حفره شکمی قرار دارد و اولین منبع ماده مغذی برای جوجه‌های از تخم خارج شده می‌باشد (۲۵). با توجه به پیشرفت‌های ژنتیکی و سرعت رشد در صنعت طیور، مقدار مواد مغذی مورد نیاز در کیسه زرده برای رشد جنین تا زمان خروج آن محدود می‌باشد؛ اگرچه جوجه‌های گوشتی امکان استفاده از مواد مغذی مورد نیاز در کیسه زرده را دارند، اما طی چند روز اول پس از تفریخ، به دلیل ناکافی بودن مواد مورد نیاز و نیز کامل نشدن سیستم ایمنی، تلفات زیاد در جوجه‌های یک روزه، رشد پایین در هفته اول و کاهش مقاومت در برابر بیماری‌ها رخ می‌دهد (۱۱). از طرفی در شرایط عملی، اغلب جوجه‌ها تا ۴۸ ساعت پس از تفریخ به آب و غذا دسترسی ندارند. این محدودیت‌ها را می‌توان به وسیله وارد نمودن مواد مغذی به داخل تخم پرندگان از طریق تزریق مواد مغذی درون تخم‌مرغ جبران نمود (۱۱). در رشد جنینی عوامل مختلفی می‌توانند تاثیرگذار باشند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها مواد معدنی می‌باشد (۱۶). اهمیت عناصر معدنی کم‌مصرف مانند آهن برای رشد جنین جوجه بررسی شده و مورد تایید قرار گرفته است (۲۶). آهن یک عنصر ضروری برای رشد جوجه‌های گوشتی می‌باشد، که در سوخت‌وساز انرژی، ساخت نوروترانسمیتر و نیز در ساخت DNA، کلاژن و اسیدهای صفراوی دخالت می‌کند (۱۵). فناوری نانو حوزه نسبتاً جدید و در حال تکامل است. نانومواد عموماً رفتاری متفاوت نسبت به هم‌نوع خود در مقیاس بزرگ‌تر از نانو دارند. در مقیاس نانو، مساحت سطح ذرات بسیار افزایش می‌یابد که می‌تواند موجب واکنش‌پذیری بیش‌تر مواد شود، چرا که در این شرایط، اتم‌ها سطح کنترل خواص فیزیکی و شیمیایی ماده را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند (۵). نانوذرات خانواده آهن دارای کاربردهای زیست پزشکی زیادی از قبیل بازسازی بافتی، ایمنی‌سنجی، رفع مسمومیت مایعات زیستی و گرمادرمانی سلول‌های سرطانی می‌باشند (۳۰). در این طبقه‌بندی نانوذرات آهن صفرظرفیتی با توجه به این‌که نیمه عمر بسیار کمی نسبت به دیگر خانواده نانوذرات آهن دارند اثربخشی آنی داشته و بعد از گذشت زمان به گونه‌های بی‌خطر و مفید Fe^{2+} و Fe^{3+} تبدیل می‌شوند که از نظر تغذیه‌ای اهمیت به سزایی خواهد داشت (۱۰،۲). نانوذرات آهن اثر سمی کم‌تری نسبت به سایر نمک‌های غیرآلی آهن دارند (۱۰). این پژوهش با هدف بررسی تاثیر تزریق درون تخم‌مرغی نانوآهن صفرظرفیتی

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.4.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.96]

بهینه‌شده بر بهبود رشد جنینی و کیفیت جوجه‌های تفریخ شده از این تخم‌مرغ‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

جوجه‌کشی

به‌منظور انجام پیش‌آزمایش، دویست عدد تخم‌مرغ سویه راس ۳۰۸ از یک جوجه کشی محلی برای تعیین بهترین غلظت ها و زمان تزریق تهیه شد. با توجه به پیش‌آزمایش، زمان تزریق، پیش از گذاشتن در دستگاه جوجه‌کشی و مقدار نانوآهن صفر ظرفیتی تزریقی به این صورت در نظر گرفته شد: ۱-شاهد یک (بدون تزریق) ۲-شاهد دو (شاهد شم): تزریق مخلوط اتانول، آسکوربیک‌اسید و نشاسته (حلال نانوذرات آهن)(۵۰ میکرولیتر)، ۳-تزریق مقدار ۵۰۰۰ میلی‌گرم نانوذرات آهن صفرظرفیتی بهینه‌شده (۵۰ میکرولیتر) و ۴-تزریق مقدار ۲۵۰۰ میلی‌گرم نانوذرات آهن صفرظرفیتی بهینه‌شده (۵۰ میکرولیتر). در شروع آزمایش اصلی از ۵۰۰ عدد تخم‌مرغ نظفه‌دار سویه راس ۳۰۸ استفاده شد. تخم‌مرغ‌ها پس از ثبت شماره، وزن‌کشی شدند (۱/۰۴±۵۶/۲۴)؛ سپس با رعایت اصول تزریق، با استفاده از سرسوزن گیج ۲۵ منفذی در پوسته در ناحیه باریک تخم‌مرغ ایجاد و آب بدون یون و محلول نانوآهن صفر ظرفیتی، در زرده تزریق و سپس منفذ ایجاد شده با چسب پارافینی، مسدود شد. در نهایت تخم‌مرغ‌ها به دستگاه جوجه‌کشی (جیمزوی مدل میکروپی‌تی ۱۰۰) با دما و رطوبت نسبی به ترتیب برای روزهای ۱-۱۸، ۳۷/۵ درجه سانتی‌گراد و ۶۱ درصد و برای روزهای ۱۹-۲۱، ۳۶/۰۷ درجه سانتی‌گراد و ۶۷ درصد منتقل شد. پیش از انتقال جوجه‌ها به هچر، سبدهای هچری بر اساس تیمارها و تکرارها توری‌بندی شدند به طوری که از هر تیمار در هر سبد وجود داشت. سپس در روز ۱۸ تخم‌مرغ‌ها در سبدها قرار داده و به هچر منتقل شدند. پس از پایان زمان هچ، تخم مرغ‌های هچ نشده بررسی شده تا تخم‌های بی نطفه مشخص شوند. پس از تفریخ جوجه‌ها، ابتدا جوجه‌ها در هر تکرار شمارش شدند و پس از ثبت شماره‌ی پا و اندازه‌گیری وزن آن‌ها، به مدت هفت روز به سالن پرورش دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، منتقل شدند. طی پرورش، آب و خوراک پرندگان بر طبق برنامه استاندارد سویه راس ۳۰۸ بود.

روش تهیه نانوآهن صفرظرفیتی بهینه‌شده

برای تهیه نانوآهن صفر ظرفیتی ابتدا مقدار ۰/۸۸ گرم $FeCl_3 6H_2$، ۰/۸۱ گرم آسکوربیک‌اسید (ویتامین C) و ۱۵ میلی‌لیتر اتانول را در بالن ۵۰ میلی‌لیتری توسط آب دیونیزه به حجم مورد نظر رسانیده و از سوی دیگر ۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ درصد نشاسته که pH آن در ۱۰ تنظیم شده بود (اضافه شدن ۰/۲ گرم سود (NaOH) به محلول نشاسته) تهیه شد. سپس از این محلول، قطره قطره به ۲۵ میلی‌لیتر از محلول آهن تهیه شده اضافه شد، در حالی که محلول آهن به وسیله همزن مغناطیسی به شدت هم می‌خورد. پس از اضافه شدن تمام محلول نشاسته، رنگ محلول آهن از بی‌رنگ به سیاه تغییر کرد که نشان‌دهنده تشکیل نانوذرات صفرظرفیتی بود. به منظور حفظ پایداری نانوذرات تشکیل شده، ۱۰ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۰/۵ درصد قلیایی با pH=10 (محلول توسط NaOH قلیایی شده است)، قطره قطره به ظرف واکنش اضافه شد. به منظور اطمینان از کامل شدن فرآیند تشکیل نانوذرات آهن، به مدت ۳۰ دقیقه نمونه هم زده شد (۲۳).

بررسی فرآسنجه‌های خونی و ویژگی‌های لاشه

به منظور سنجش غلظت‌های گلوکز، تری‌گلیسرید، HDL و LDL، در روز هفت پرورش پس از شش ساعت گرسنگی، وزن‌کشی جوجه ها انجام شده و از هر تیمار، نه جوجه برای خون‌گیری از قلب انتخاب شدند. نمونه‌ها در لوله‌های دارای EDTA ریخته شده و با زنجیره سرد به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس پلاسمای نمونه‌های خون جدا شد (سانتریفیوژ شدن به مدت ۱۰ دقیقه و با دور ۳۰۰۰). برای اندازه‌گیری غلظت‌های فراسنجه‌های خونی، شامل گلوکز، تری‌گلیسرید، HDL و LDL پلاسما، از کیت‌های تشخیص شرکت پارس آزمون و دستگاه اتوآنالایزر (Automatic biochemistry analyzer BS-120) استفاده شد. پس از همچنین از هر تیمار، نه جوجه انتخاب و به روش جابه‌جایی مهره گردن کشتار شدند. قطعات لاشه شامل ران+ساق، سینه، جگر، دوازدهه، ژژنوم، ایلیوم، سکوم جدا و وزن آن ها با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند.

بررسی درصد تفریخ و کیفیت جوجه‌ها

در روز تولد تعداد جوجه‌ها در هر تکرار شمارش شدند. سپس با شکستن تخم‌مرغ‌های تفریخ نشده، گامه مرگ‌ومیر جنینی تخم‌مرغ‌های بارور با استفاده از روش تونا و همکاران (۲۷) بررسی و تخم‌مرغ‌های نابارور هم مشخص شدند. درصد مرگ‌ومیر جنینی و درصد جوجه‌دهی بر اساس تخم‌مرغ‌هایی که در دستگاه (ستری) قرار داده شدند و تخم مرغ‌های بارور از فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

$$\text{درصد جوجه دهی بر اساس تخم مرغ های ستری} = \frac{\text{تعداد جوجه های تفریخ شده}}{\text{تعداد تخم مرغ های قرار داده شده در دستگاه}} \times 100$$

$$\text{درصد جوجه دهی بر اساس تخم مرغ های بارور} = \frac{\text{تعداد جوجه های تفریخ شده}}{\text{تعداد تخم مرغ های بارور}} \times 100$$

$$\text{درصد مرگ و میر جنینی} = \frac{\text{جنین یا جوجه تلف شده در هر گامه}}{\text{تعداد تخم مرغ های قرار داده شده در دستگاه}} \times 100$$

برای تعیین کیفیت جوجه‌های تفریخ شده شاخص‌هایی مانند فعالیت جوجه، وضعیت پوشش بدنی، ورم شکمی، وضعیت ناف، چشم و پا به طور چشمی ارزیابی شد و بر اساس پژوهش تونا و همکاران (۲۷) رتبه‌بندی انجام شد.

مدل آماری و واکاوی داده‌ها

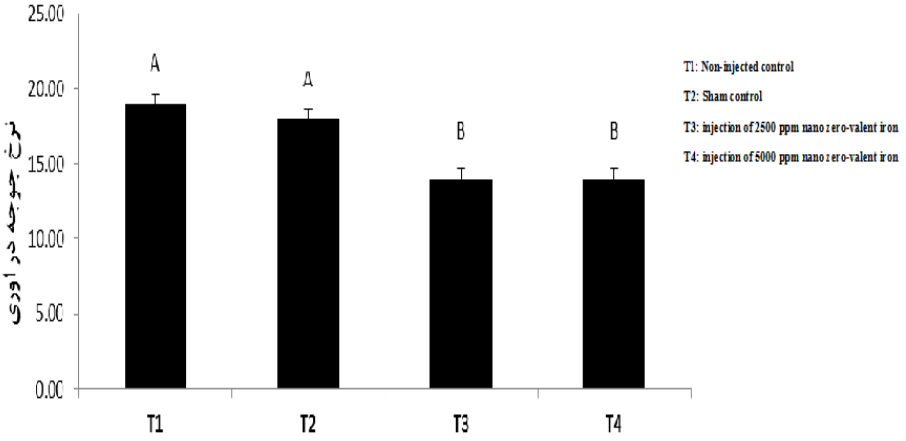
این پژوهش با استفاده از ۵۰۰ عدد تخم‌مرغ در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار و در هر تکرار ۲۵ مشاهده انجام شد. در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (SAS ۲۰۰۳) رویه GLM انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و سطح احتمال (۰/۰۵) انجام شد. هم‌چنین برای آنالیز آماری کیفیت جوجه‌های تفریخ شده روش ویلمسن و همکاران (۲۹) به کار گرفته شد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.4.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.96]

نتایج و بحث

درصد تفریخ جوجه

اثر تزریق درون تخم‌مرغی نانوآهن صفر ظرفیتی بهینه شده بر جوجه‌درآوری، در میان گروه‌های آزمایشی تخم‌مرغ‌های سویه راس ۳۰۸، در نمودار ۱ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، درصد تفریخ جوجه تحت‌تاثیر تزریق درون تخم‌مرغی نانوآهن صفرظرفیتی قرار گرفت و کاهش معنی‌داری در تیمارهای آزمایشی نشان داده شد ($p<۰/۰۵$). پژوهشگران دیگر نیز کاهش معنی داری را با تزریق نانو اکسید روی درون تخم مرغی دردرصد تفریخ جوجه به دست آوردند و تاثیر آن را به اثر تزریق مرتبط دانستند (۱۳). فرآیند تفریخ به طور عمده به انباشت انرژی در تخم‌مرغ در دوره پایانی جوجه‌کشی وابسته است. برآورد شده است که زرده تخم‌مرغ دارای حدود ۳۳ درصد لیپید و کم‌تر از یک درصد کربوهیدرات است، که بیش از ۹۰ درصد نیاز انرژی رویان را تامین می‌کند. در اولین هفته دوره جوجه‌کشی، گلوکز منبع اصلی انرژی برای رشد جنین می‌باشد و نسبت زیادی از کربوهیدرات‌ها در این گامه استفاده می‌شود. در گامه‌های بعدی دوره جوجه‌کشی، اسیدهای چرب لیپید زرده منبع غالب انرژی جنین می‌باشد (۳۱). بر اساس پژوهش‌های پیشین، درصد تفریخ و وزن بدن جوجه‌های تفریخ شده تحت‌تاثیر نوع سوبسترا و محل تزریق مواد مغذی در تخم‌مرغ قرار دارد (۱۷). تزریق درون تخم‌مرغی کمپلکس Vit D_3 و Ca هیچ تاثیر منفی بر درصد تفریخ نداشت. اما تزریق درون تخم‌مرغی 25 (OH)-D_3 درصد تفریخ را در تخم جوجه‌های گوشتی بدون اثرات مضر بر عملکرد رشد بهبود بخشید (۴). درصد تفریخ در تخم‌مرغ‌های تزریق شده با ۰/۵ میلی‌لیتر آب استریل دیونیزه حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم گلوکز در دوزهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در مقابل در این بررسی، تزریق به درون آلبومین تخم‌مرغ سبب کاهش معنی‌داری در درصد تفریخ شد. ممکن است این کاهش به دلیل تزریق به درون آلبومین باشد. دلیل دیگر ممکن است حفره آلرژیک زیر کیسه هوایی باشد که باعث توقف تنفس جنین در حال رشد و مرگ آن می‌شود (۲۰). تزریق محلول کربوهیدرات و اسیدآمینه در روز ۱۸ جنینی به کیسه آمنیون تخم‌مرغ‌های بارور حاصل از مادر گوشتی در سن ۴۲ هفتگی در مقایسه با گروه شاهد، سبب کاهش نرخ جوجه‌درآوری شد (۱). با توجه به گزارش پژوهشگران (۱۷)، تزریق درون تخم‌مرغی مواد مختلف با دوزهای متفاوت (۱- شاهد بدون تزریق ۲- تزریق محلول کلریدسدیم ۰/۹ درصد ۳- تزریق ppm ۲۵ سولفات آهن ۴- تزریق ۳۰ ppm نانوذرات آهن ۵- تزریق ppm ۱۰۰ متیونین مایع ۶-تزریق ppm ۱۵۰ کلیت آهن-متیونین مایع ۷-تزریق ppm ۱۰۰ نانوذرات آهن-متیونین مایع ۸- افزودن ۰/۰۰۲ گرم در گیلوگرم نانوذرات آهن در جیره بعد از تفریخ)، نتایج متفاوتی را در درصد تفریخ جوجه نشان داد. با توجه به نتایج به دست آمده تزریق درون تخم‌مرغی سبب کاهش معنی‌داری در درصد جوجه‌درآوری شد. در واقع بیش‌ترین جوجه درآوری را تیمارهای یک و دو و سپس تیمار هفت داشتند که تا حد زیادی ناشی از وزن بیش‌تر تخم‌مرغ در روز اول جوجه‌کشی است. درواقع زمانی که نانوذرات آهن با متیونین مایع ترکیب می‌شوند اثر هم‌کوشی آن‌ها افزایش یافته است (۱). نتایج این مطالعه با پژوهش دیگر که در آن تزریق نانوذرات آهن باعث کاهش جوجه‌درآوری نسبت به گروه شاهد شد، مطابق است (۱۷).

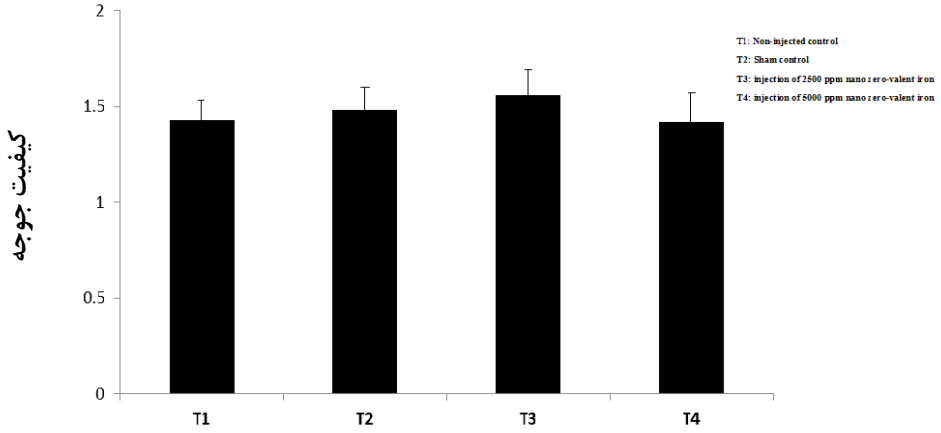


شکل ۱- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر نرخ جوجه‌درآوری
Figure 1. Effect of experimental treatments on hatching rate

کیفیت جوجه

تاثیر تزریق درون‌تخم‌مرغی نانوآهن صفرظرفیتی بهینه شده بر کیفیت جوجه، در بین گروه‌های آزمایشی تخم‌مرغ‌های سویه راس ۳۰۸، در نمودار ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، کیفیت جوجه تحت تاثیر تزریق درون تخم‌مرغی نانوآهن صفرظرفیتی قرار نگرفت. نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین که تزریق درون تخم‌مرغی آسکوربیک اسید (۲۴)، نیتریت‌سدیم (۷)، بوتیریک‌اسید (۱۸) و عصاره گرده کاج (۲۱) اثری بر کیفیت جوجه‌های تفریخ شده نداشت، مطابقت داشت. پژوهشگران نشان دادند که تزریق نانو اکسید روی منجر به افزایش پاسخ ایمنی سلولی و هومورال و همچنین افزایش وزن طحال در جوجه های گوشتی شد که نشان از افزایش و تقویت سیستم ایمنی در این جوجه‌ها داشت (۱۳).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.4.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.96]



شکل ۲- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر کیفیت جوجه
Figure 2. Effect of experimental treatments on chicken quality

فرآسنجه‌های خونی

اثر تزریق درون‌تخم‌مرغی نانوآهن صفرظرفیتی بهینه شده بر فرآسنجه‌های خونی، در میان گروه‌های آزمایشی تخم‌مرغ‌های سویه راس ۳۰۸، در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، غلظت گلوکز پلاسما تحت‌تاثیر تزریق درون تخم‌مرغی نانوآهن صفر ظرفیتی (۵۰۰۰ ppm) قرار گرفت و در مقایسه با تیمار شاهد دوم (شم) و تزریق درون تخم‌مرغی نانوآهن صفر ظرفیتی (۲۵۰۰ ppm)، بیشینه بود ($p<۰/۰۵$). اما سایر فرآسنجه‌های خونی (تری‌گلیسرید، HDL و LDL) تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($p>۰/۰۵$). کم‌ترین غلظت گلوکز در گروه شاهد شم و بیشترین غلظت در تیمار تزریق شده با دوز ۲۵۰۰ ppm نانو آهن صفرظرفیتی دیده شد. افزایش قند خون در اواخر دوران جنینی ممکن است در اثر افزایش گلوکاگون و افزایش فرآیند گلیکوژنولیز باشد (۱). کاهش پروتئین خون در جوجه‌های حاصل از تخم‌مرغ‌های تزریق شده با نیتریت ناشی از تبدیل پروتئین‌های بافتی و خون به گلوکز برای تامین انرژی مورد نیاز هایپوکسیای ایجاد شده باشد که حتی موجب کاهش وزن این جوجه‌ها شد (۷). پژوهشگران گزارش کردند، نگه‌داری تعادل گلوکز در خون جنین در طول دوره پایانی جوجه‌کشی وابستگی زیادی به گلوکز ذخیره شده در جگر دارد که به طور عمده در شکل گلیکوژن است. همچنین گلوکز می‌تواند به وسیله گلوکونئوژنز از پروتئین‌های آلبومین و سپس از ماهیچه‌های جنین تولید شود. ناکافی بودن گلیکوژن موجود درجگر و پروتئین‌های آلبومین، جنین را مجبور به استفاده از پروتئین‌های ماهیچه‌ای برای تولید گلوکز می‌کند. به همین دلایل رشد جنین در اواخر دوره جوجه‌کشی محدود خواهد بود (۲۸). از آنجایی که گلوکز اولین و مهم‌ترین ماده مغذی برای رشد و نمو جنین است و با توجه به اینکه مقدار کربوهیدرات داخل تخم‌مرغ کم بوده و حدود یک درصد تخم‌مرغ را تشکیل می‌دهد، در نتیجه فعالیت چرخه گلیکولیز نسبت به اکسیداسیون چربی در زمان کمبود اکسیژن برای تنفس جنینی نسبت به تنفس ریوی ضروری‌تر است (۱). در نتیجه با توجه به گزارش‌های ذکر شده، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش غلظت گلوکز خون احتمالا ناشی از افزایش گلیکوژنولیز و گلوکونئوژنز در پایان دوره جنینی باشد.

جدول ۱- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی
Table 1. Effect of experimental treatments on blood parameters

فرآسنجه‌ها	شاهد اول	شاهد دوم	تزریق مقدار ۲۵۰۰ ppm نانو ذرات آهن صفر	تزریق مقدار ۵۰۰۰ ppm نانوذرات آهن صفر	p-value
گلوکز	۲۳۱/۶±۶۶/۰۵[a]	۲۰۱/۶±۶۶/۲۰[b]	۲۰۴/۷±۶۲/۰[b]	۲۳۲/۵±۸۷/۶۷[a]	<۰/۰۱
تری‌گلیسرید	۳۷/۵±۶۶/۱۳	۳۴/۰±۴۴/۴۱	۴۱/۲±۱۲/۲۴	۴۰/۸±۵۰/۲۳	۰/۰۸
کلسترول-لیپوپروتئین با چگالی زیاد	۶۵/۳±۳۳/۹۸	۶۶/۲±۳۵/۳۹	۶۵/۲±۴۹/۲۶	۶۴/۳±۳۰/۱۲	۰/۹۷
کلسترول	۱۹۵/۱۰±۷۷/۰۵	۲۰۵/۷±۴۴/۸۰	۲۰۲/۱۰±۶۲/۰۷	۲۰۴/۷±۳۷/۲۴	۰/۸۶
کلسترول-لیپوپروتئین با چگالی کم	۱۲۶/۸±۸۶/۴۱	۱۳۲/۹±۲۰/۳۸	۱۲۸/۹±۹۱/۸۴	۱۳۱/۸±۹۸/۲۹	۰/۹۷

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p<۰/۰۵$).

ویژگی‌های لاشه

نتایج حاصل از تاثیر تزریق درون‌تخم‌مرغی نانوآهن صفر ظرفیتی بهینه‌شده بر صفات لاشه، در بین گروه‌های آزمایشی تخم‌مرغ‌های سویه راس ۳۰۸، در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج گزارش شده، وزن جگر و وزن دوازدهه تحت تاثیر تزریق درون‌تخم‌مرغی نانوذرات آهن صفرظرفیتی بهینه شده قرار گرفت و بین تیمارها اختلاف معنی‌داری دیده شد ($p<۰/۰۵$). اما سایر صفات لاشه (وزن‌های ران+ساق، سینه، ژژنوم، ایلیوم، سکوم و سر) تحت تاثیر قرار نگرفتند. کم‌ترین وزن جگر در تیمار شاهد و بیش‌ترین وزن آن در تیمار تزریق شده با دوز ۲۵۰۰ ppm نانوآهن صفر ظرفیتی دیده شد. کم‌ترین وزن دوازدهه در تیمار شاهد و بیش‌ترین

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.4.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.96]

وزن آن در تیمار تزریق شده با دوز ppm ۵۰۰۰ دیده شد. نانوذرات آهن به دلیل بالا بودن سطح فعالیت و نفوذپذیری به درون سلول‌ها، می‌توانند به شیوه فعالی سوخت‌وساز درون سلولی را با تحریک فرآیندهای مختلف، تحت تاثیر قرار دهند (۱۰). مهم‌ترین علت عدم تاثیرات سمی نانوذرات اکسید آهن بر جانوران، حذف سریع آن‌ها از جریان خون توسط ماکروفاژهای موجود در جگر، طحال و گره‌های لنفاوی است که البته این حذف سریع پس از پدیده اپسونیزاسیون (تجمع پروتئین‌های خون در اطراف نانوذرات) رخ می‌دهد، که باعث تحریک سیستم ایمنی و دفع نانوذرات می‌شود. بنابراین بسیاری از نانوذرات تزریق شده به سرعت از جریان خون خارج شده و فقط مقدار کمی از آن‌ها فرصت نفوذ و ورود به اندام‌های مختلف بدن را پیدا می‌کنند و در نتیجه اثرات جانبی چندانی ایجاد نمی‌کنند (۵). پژوهشگران نشان داد که تزریق نانو آهن معدنی و آلی به کیسه هوای تخم مرغ ها در روز هفتم انکوباسیون منجر به افزایش وزن طحال، بورس فابیریسیوس و تیموس شد و در نهایت با افزایش دادن غلظت ایمونوگلوبولین‌های G و M سیستم ایمنی جوجه‌ها را بهبود بخشید (۳). تاثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدآهن و روی بر بافت‌شناسی و ریخت‌شناسی جگر و عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد، در نمونه‌های تیمار شده با غلظت ۱۰۰ میکروگرم نانوذره اکسیدآهن، جگر دچار لیپیدوز جگر، اتساع عروقی در فضای پورت و پرخونی شد. در نمونه‌های تیمار شده با غلظت ۱۰۰ میکروگرم نانوذره روی، افزایش حجم سلول‌های جگری و سلول‌های بیگانه‌خوار کوپفر، همچنین بهم‌ریختگی دسته‌های هپاتوسیت‌ها و پرخونی در جگر دیده شد (۵). در بررسی‌های پیشین نشان داده شده است که در اواخر دوره جنینی و در هنگام خروج جوجه از تخم، کلسترول زرده در جگر انباشته شده و موجب افزایش اندازه و رشد جگر می‌شود (۱۲). تزریق گلوتامین، دکستروز و مخلوط ساکارز و دکستروز به کیسه آمنیون در انتهای دوره جنینی سبب افزایش طول پرزهای ژژنوم شد (۸). تزریق درون تخم‌مرغی کربوهیدرات‌ها ممکن است به دلیل افزایش میزان تکثیر سلول‌های روده موجب افزایش معنی‌دار طول پرزهای روده شود (۱).

آهن فراوان‌ترین فلز موجود در بدن است. این عنصر به‌عنوان بخشی از هموگلوبین، میوگلوبین، سیتوکروم، کاتالاز، پراکسیداز، گزانتین‌اکسیداز و آلفاگلیسروفسفودهیدروژناز شناخته شده است. فعال شدن آهن فرو با پراکسیدهیدروژن یا پراکسیدهای لیپیدی موجب تولید آهن فریک، OH و رادیکال بسیار فعال هیدروکسیل یا رادیکال‌های لیپیدی می‌شود. این رادیکال‌ها منجر به صدمه به غشاهای لیپیدی، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شوند. آهن آزاد به‌دلیل توان اکسیدکنندگی و همچنین توان تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن به وسیله واکنش هابر–ویس و به‌دلیل اینکه با پروتئین‌ها پیوندهای محکمی ایجاد می‌کند که موجب تجمع آن می‌شود، برای سلول‌ها سمی است. هنگامی‌که ذخایر آهن بافتی طی مصرف زیاد و طولانی آهن بیش‌تر از حد باشد، می‌تواند موجب آسیب‌های پراکسیداتیو در کبد شود. مکانیسم اساسی بیماری‌زایی در مسمومیت آهن آسیب پراکسیداتیو چربی‌های غشای سلولی است و میزان آسیب بستگی به وضعیت آنتی اکسیدان‌های بدن به خصوص ویتامین E دارد. به دلیل این که افزایش و کاهش آهن سلولی هر دو موجب مرگ سلولی می‌شوند، سطح آهن فعال باید به دقت کنترل و محدود شود. بیش‌تر آثار پاتولوژیک افزایش عمومی آهن ناشی از تجمع آهن در بافت‌ها به ویژه بافت جگر است (۶). رادیکال‌های آزاد به غشای سلول آسیب می‌رسانند و با افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و شاخص‌های تنش اکسیداتیو موجب التهاب بافت و مرگ سلول‌ها می‌شوند (۱۴). در مطالعه‌ای مشاهده شد که با تجویز اکسیدآهن برخی از فاکتورهای تنش اکسیداتیو همانند مالون‌دی‌آلدهید و پروتئین کربونیل در کبد تغییر می‌کند و نانواکسیدآهن بیشتر از اکسید آهن معمولی توانست مقدار مالون‌دی‌آلدهید کبد را افزایش دهد. در مجموع می‌توان گفت با توجه به دوز مصرفی و دوره کوتاه‌مدت تجویز در مطالعه حاضر تغییرات ایجاد شده توسط نانواکسیدآهن تا حدودی بیانگر افزایش تنش اکسیداتیو در کبد بوده و مستعدکننده آترواسکلروز می‌باشد (۹).

در تحقیقی که روی طیور انجام شده بود، استفاده از نانو اکسیدآهن در جیره جوجه‌های گوشتی، باعث افزایش وزن اجزای لاشه به ویژه جگر و خوراک مصرفی در تیمارهای مکمل در مقایسه با تیمار شاهد شد. در آزمایشی مقدار آهن مورد استفاده در جیره پایه برای دستیابی به سطح بیشینه تولید دام کافی نبود و به صورت استفاده از مکمل آهن به خصوص به صورت نانواکسیدآهن سبب بهبود عملکرد و افزایش وزن اجزای لاشه بره‌ها شد (۱۰).

با توجه به پژوهش‌های پیشین می‌توان گفت، افزایش وزن جگر در تیمارهای تحت تاثیر نانوآهن صفرظرفیتی به دلیل افزایش اتساع عروقی، پرخونی، افزایش تعداد و حجم سلول‌های جگر (۵) و همچنین انباشت کلسترول زرده به جگر جنین در اواخر جنینی (۱۲) باشد؛ هم‌چنین افزایش وزن دوازدهه می‌تواند در اثر افزایش تکثیر سلول‌ها و طول پرزهای آن باشد (۱). اما سایر صفات لاشه ممکن است به دلیل حذف سریع نانوذرات آهن از خون توسط سلول‌های جگر و عدم نفوذ آن‌ها به درون بافت‌ها تحت تاثیر قرار نگرفتند (۵).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی از یافته‌های این پژوهش نشان داد که تزریق درون‌تخم‌مرغی نانوآهن صفر ظرفیتی بهینه‌شده تاثیری بر کیفیت جوجه نداشت و غلظت‌های ppm ۲۵۰۰ و ppm ۵۰۰۰، وزن جگر و دوازدهه را افزایش و نرخ جوجه‌درآوری را کاهش داد که می‌تواند دلیلی بر زیاد بودن غلظت‌های تزریقی و اثر سوء آن‌ها باشد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.4.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.96]

جدول ۲- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های لاشه

Table 2. Effect of experimental treatments on carcass characteristics

فرآسنجه‌ها	شاهد اول	شاهد دوم	تزریق مقدار ۲۵۰۰ ppm نانوذرات آهن صفر	تزریق مقدار ۵۰۰۰ ppm نانوذرات آهن صفر	p-value
وزن لاشه	۱۸۷/۳±۹۴/۷۹	۱۸۱/۳±۰۳/۰۱	۱۸۷/۶±۳۸/۳۹	۱۹۱/۲±۲۲/۴۹	۰/۳۸
وزن سینه	۳۴/۰±۴۹/۹۲	۳۲/۱±۴۹/۱۱	۳۲/۱±۳۸/۲۰	۳۴/۰±۱۷/۸۸	۰/۴۱
وزن جگر	۷/۰±۱۴/۴۷^{b}	۷/۰±۲۱/۵۳^{b}	۱۱/۰±۷۴/۳۱^{a}	۱۲/۰±۴۲/۱۵^{a}	<۰/۰۱
وزن ساق+ران	۳۰/۱±۰۸/۰۲	۲۷/۰±۷۷/۵۴	۲۸/۱±۶۰/۲۳	۲۹/۰±۵۰/۳۴	۰/۲۸
وزن دوازدهه	۴/۰±۰۱/۱۷^{b}	۴/۰±۳۰/۱۴^{b}	۴/۰±۷۰/۱۷^{a}	۴/۰±۴۸/۱۰^{b}	۰/۰۳
وزن ژژنوم	۴/۰±۹۹/۱۹	۴/۰±۸۰/۲۱	۵/۰±۱۸/۳۱	۵/۰±۵۰/۳۹	۰/۳۲
وزن ایلیوم	۲/۰±۷۷/۲۸	۳/۰±۰۶/۲۳	۳/۰±۴۶/۲۶	۳/۰±۴۷/۲۲	۰/۱۸
وزن سکوم	۱/۰±۷۷/۱۶	۱/۰±۵۱/۱۳	۱/۰±۹۸/۱۲	۱/۰±۸۷/۱۷	۰/۲۶
وزن سر	۱۱/۰±۹۱/۳۱	۱۱/۰±۷۱/۲۴	۱۱/۰±۷۷/۳۱	۱۲/۰±۳۰/۱۲	۰/۶۴

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵).

منابع

1. Amiri, N., M. Salarmoini and S. Tasharrofi. 2015. Effect of in ovo injection of different nutrients and 36 h starvation after hatch on hatchability, blood metabolites, intestinal morphology and growth performance of broiler chicks. Iranian Journal of Animal Science Research, 7: 162-172 (In Persian).
2. Droge, W. 2002. Free radicals in physiological control of cell function. Physiological Reviews, 82: 47-95.
3. Gad, G.G. and E.A. Abdalla. 2019. Physiological study on nano particles to improve immune response and performance of broiler chicken. Egyptian Journal of Nutrition and Feeds, 22: 635-646.
4. Ghobadi, N. and H.R.H. Matin. 2015. Response of broiler chicks to in ovo injection of calcium, phosphorus, and vitamin d complex (cadphos). Global Journal of Animal Scientific Research, 3: 544-549.
5. Hajirahimi, A., F. Farokhi and A. Tukmechi. 2014. Evaluate effects of Iron oxide and zinc nanoparticles on the liver and muscles in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Journal of Animal Research, 28: 293-306.
6. Hentze, M.W. and M.V. Muckenthaler. 2004. Balancing acts molecular control of mammalian iron metabolism. Cell, 117: 285-97.
7. Mohamadi, E., M. Daneshyar, F. Farokhi and E. Alizadeh. 2012. Evaluation of different sodium nitrite levels in ovo injection on embryo growth and development, and some blood Metabolites on newly hatched chicks. Animal Sciences Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 97: 52-59 (In Persian).
8. Mousavi, S.N., M. Shivazad, M. Chamani, A. Sadeghi and H. Lotfolahian. 2009. Study of in ovo feeding as an early nutrition method in broiler chickens. Dynamic Agriculture, 5: 417-425.
9. Naqvi, S., M. Samim, M.Z. Abdin, F. Jalees Ahmed, A.N. Maitra, C.K. Prashant and A.K. Dinda. 2010. Concentration-dependent toxicity of iron oxide nanoparticles mediated by increased oxidative stress. International Journal of Nanomedicine, 5: 983-989.
10. Nikonov, I.N., Y.G. Folmanis, G.E. Folmanis, L.V. Kovalenko, G.Y. Laptev, I.A. Egorov and I.G. Tananaev. 2011. Iron nanoparticles as a food additive for poultry. Doklady Biological Sciences, 440: 328-331.
11. Noy, Y. and Z. Uni. 2010. Early nutritional strategies. World's Poultry Science Journal. 66: 639-646.
12. Oliveira, T.F.B., A.G. Bertechini, R.M. Bricka, E.J. Kim, P.D. Gerard and E.D. Peebles. 2015. Effects of in ovo injection of organic zinc, manganese, and copper on the hatchability and bone parameters of broiler hatchlings. Poultry Science, 94: 2488-2494.
13. Palouj, J., M. Kazemi-Fard, M. Rezaei and Z. Ansari-Piresaraei. 2021. Effects of in ovo Injection of Nano Zinc Oxide on the Hatchability, Immunity and Antioxidant Responses, and Relative Gene Expressions of Interleukin 2 and 12 in Broiler Chickens. Iranian Journal of Applied Animal Science, 11: 595-603.
14. Puntarulo, S. 2005. Iron, Oxidative stress and Human Health. Molecular Aspects Medicine, 26: 299-312.
15. Quintana, L., A. Monasterio, K. Escuredo, J. Delamo, P. Alfonso, F. Elortza and M. Pocoví. 2006. Identification of chitotriosidase isoforms in plasma of Gaucher disease patients by two-dimensional gel electrophoresis. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics, 1764: 1292-1298.
16. Romanoff, A.L. and A.J. Romanoff. 1967. Biochemistry of the avian embryo; a quantitative analysis of prenatal development. First edition. New York: John Wiley and Sons, 398 pp.
17. Saki, A.A., M. Abbasinezhad and A. Ahmadi. 2014. Effect of iron nanoparticles and liquid methionine (Alimet) in ovo feeding and diet on broiler chicken performance. Animal Production Research, 3:57-71 (In Persian).
18. Salahi, A., S.N. Mousavi, F. Foroudi, M.M. Khabisi and M. Norozi. 2011. Effects of in ovo injection of butyric acid in broiler breeder eggs on hatching parameters, chick quality and performance. Global Veterinaria, 7: 468-477.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.4.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.96]

19. Salary, J., F. Sahebi-Ala, M. Kalantar and H.R.M. Matin. 2014. In ovo injection of vitamin E on post-hatch immunological parameters and broiler chicken performance. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 4: 616-619.
20. Salmanzadeh, M., Y. Ebrahimnezhad, H.A. Shahryar and R. Beheshti. 2012. The effects of in ovo injection of glucose and magnesium in broiler breeder eggs on hatching traits, performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chickens. European Poultry Science. 76: 277-284.
21. Sarbozi Farah Abad, A., Z. Ansari-Pirsaraei, P. Biparva and E. Dirandeh. 2018. Effect of in ovo injection of Pine pollen extract on growth and sex differences of broiler chicks. Research on Animal Production, 8: 66-75 (In Persian).
22. SAS, 2003. User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. Inst., Inc., Cary, NC.5136 p.
23. Savasari, M., M. Emadi, M.A. Bahmanyar and P. Piparva. 2015. Optimization of Cd (II) removal from aqueous solution by ascorbic acid-stabilized zero valent iron nanoparticles using response surface methodology. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 21: 1403-1409.
24. Sgavioli, S., J.B. Matos Júnior, L.L. Borges, M.F. Praes, V.S. Morita, G.L. Zanirato and I.C. Boleli. 2015. Effects of ascorbic acid injection in incubated eggs submitted to heat stress on incubation parameters and chick quality. Revista Brasileira de Ciência Avícola, 17: 181-189.
25. Spaeke, B.K., R.C. Noble and A.M.B. Murray. 1998. The utilization of yolk lipids by the chick embryo. World's Poultry Science Journal, 54: 319-334.
26. Tako, E. and R.P. Glahn. 2011. Iron status of the late term (Gallus gallus) embryo and hatchling. International Journal Poultry Science, 10: 42-48.
27. Tona, K., F. Bamelis, B. De Ketelaere, V. Bruggeman, V.M. Moraes, J. Buyse and E. Decuypere. 2003. Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality, and chick juvenile growth. Poultry Science, 82: 736-741.
28. Uni, Z. and R.P. Ferket. 2004. Methods for early nutrition and their potential. World's Poultry Science Journal, 60: 101-111.
29. Willemsen, H., N. Everaert, A. Witters, L. De Smit, M. Debonne, F. Verschuere and V. Bruggeman. 2008. Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of posthatch performance. Poultry Science, 87: 2358-2366.
30. Yang, X.J., X.X. Sun, C.Y. Li, X.H. Wu and J.H. Yao. 2011. Effects of copper, iron, zinc, and manganese supplementation in a corn and soybean meal diet on the growth performance, meat quality, and immune responses of broiler chickens. Journal of Applied Poultry Research, 20: 263-271.
31. Zhang, L., X.D. Zhu, X.F. Wang, J.L. Li, F. Gao and G.H. Zhou. 2016. Individual and combined effects of in-ovo injection of creatine monohydrate and glucose on somatic characteristics, energy status, and posthatch performance of broiler embryos and hatchlings. Poultry Science, 95: 2352-2359.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]

[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.4.2]

[DOI: 10.52547/rap.13.36.96]

Effect of *in Ovo* Injection of Optimized Nano-Scale Zero-Valent Iron on Embryonic Growth and Quality of Broiler Chicks (ROSS 308 Strains)

Yaser Rezaeian[1], Zarbakht Ansari Pirsaraei[2], Pouria Biparva[3] and Hamid Deldar[4]

1- Graduated M.Sc. Student, Animal Science Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate professor, Animal Science Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, (Corresponding author: z.ansari@sanru.ac.ir)
3- Associate professor, Basic Science Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4- Associate professor, Animal Science Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
Received: 9 April, 2021 Accepted: 19 February, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Low-consumption minerals, such as iron, are essential for embryonic growth and development and post-hatch growth. Therefore, to achieve the best quality of embryonic and chick growth, it is useful to study these minerals. The aim of the present study was to investigate the effect of *in ovo* injection of optimized nano-scale zero-valent iron on optimal embryonic growth, hatching rate, chick quality, and carcass characteristics.

Material and Methods: In the present study, 500 eggs of 308 strains, after numbering and weighing, were placed in a completely randomized design with four treatments, five replicates and 25 eggs per each replicate. Treatments were: 1- Control one (without injection); 2- Control two (injection of ethanol, ascorbic acid and starch); 3- Injection of 2500 ppm nano zero-valent iron; 4- Injection of 5000 ppm nano zero-valent iron. The volume of injection was 50 µl and into the yolk. Then, the eggs were placed in the incubator (37.5 C and 61% humidity). At the end of the incubation period, the percentage of hatching and the quality of the chicks were checked. Infertile eggs and the eggs with a dead embryo were also transferred to the laboratory for examination of embryonic mortality. The hatched chicks were transferred to the farm and, after seven days of rearing, were weighed and blood taken from their hearts to measure some blood parameters. From each treatment, nine birds were selected and slaughtered to study carcass characteristics (drumstick, breast, liver, duodenum, jejunum, ileum, and cecum). Data were analyzed using the general Linear Model procedures of SAS 9.1.

Results: The results showed that nano-scale zero-valent iron injection decreased hatching rate, but did not affect the quality of the chicks and also, liver and duodenum weights increased significantly ($p<0.05$). Blood glucose concentration showed a significant increase compared to control groups ($p<0.05$). Other parameters were not affected by the experimental treatments.

Conclusion: According to the findings of this study, it is recommended that injections below 2500 ppm be injected and examined, and these results can be a reason for the high concentration of injectable concentrations and their adverse effects.

Keywords*:* Embryonic growth and chick quality, *In ovo* injection, Nano zero-valent iron

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.4.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.96]