

استفاده از نانو ذرات روی در تغذیه دام

مهدی افتخاری^۱ و داود صیدی^۲

چکیده

نانوتکنولوژی فناوری جدیدی است که در حوزه‌های مختلف علم از جمله کشاورزی کاربرد دارد. یکی از زیر بخش‌های مرتبط با کشاورزی که این تکنیک در آن گام نهاده است دامپروری و مبحث تغذیه دام می‌باشد. مواد معدنی یکی از بخش‌های مهم و مورد توجه در تغذیه دام می‌باشند. عنصر روی نیز یکی از عناصر کم‌نیاز مهم می‌باشد که تحقیقات زیادی در زمینه‌ی استفاده از فناوری نانو روی آن انجام شده است. اندازه ذرات در نانو ذرات اکسید روی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. این ماده سبب تحریک رشد و افزایش تولید شده و بر ایمنی و تولید مثل حیوان مؤثر است. به دلیل زیست‌فراهمی بالای نانو ذرات اکسید روی، این مکمل در مقایسه با منابع معمول روی می‌تواند در مقادیر کم در جیره حیوان مورد استفاده قرار گیرد و در عین حال سبب کاهش نگرانی‌های مرتبط با آلودگی محیط زیست گردد؛ با این حال در مورد تعیین میزان مصرف در جیره دام‌ها نیاز به مطالعات تکمیلی بیشتری می‌باشد. مطالب ارائه شده در این مقاله امکان استفاده از نانو ذرات روی را به عنوان یک مکمل غذایی در تغذیه دام مورد بررسی قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: فناوری نانو، تغذیه دام، عنصر روی

مقدمه

فناوری نانو به عنوان ابزاری جدید در زمینه‌های بیولوژی سلولی و مولکولی، بیوتکنولوژی، تغذیه مواد معدنی، فیزیولوژی، تولید مثل و داروسازی در مدل‌های انسانی و حیوانی مورد استفاده قرار گرفته است (Sri Sindhura et al., 2014). فناوری نانو به صورت شناسایی و کنترل ماده در سطح نانو با ابعادی تقریباً بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر^۳ تعریف می‌شود که این وضعیت جدید و منحصر به فرد سبب کاربردهای جدید می‌گردد (شکل ۱). بنابراین دامنه استفاده از فناوری نانو گسترده بوده و در محدوده علوم، مهندسی و کشاورزی، حیوان و سیستم‌های غذایی می‌گنجد. استفاده از فناوری نانو به

^۱ استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۲ مدیر بخش دام و طیور پژوهشکده امنیت غذایی و خودکفایی سازمان بسیج مهندسين کشاورزی و منابع طبیعی

^۳ یک نانومتر برابر با 10^{-9} متر می‌باشد.

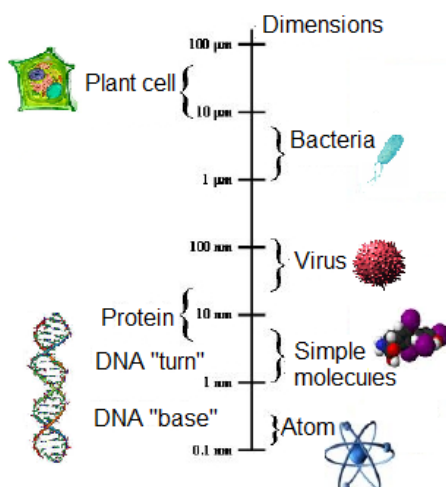
دلیل موضوعات مرتبط با ساختارهایی که خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی جدیدی را نشان می‌دهند و همچنین اندازه در حد نانو آن‌ها، ممکن است نگران‌کننده یا غیرقابل‌پیش‌بینی باشد (Wang, 2000). این نانو ذرات نسبت به منابع معمولی خود پتانسیل بیشتری داشته و بنابراین مقدار موردنیاز را کاهش می‌دهند (Sri Sindhura et al., 2014). سودمندی‌های استفاده از نانو ذرات روی می‌تواند با استفاده از هر یک از روش‌های ارزان و ساده تولید شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی ایجاد گردد.

روی دومین عنصر فراوان در بدن می‌باشد و می‌تواند در بدن ذخیره شود (Zalewski et al., 2005) و جهت برآوردن نیازهای فیزیولوژیکی، نیاز به مصرف منظم از طریق جیره دارد. روی در بدن نقش‌های گوناگونی دارد. جذب روی در بدن خیلی کم و متناسب با سن دام و محل جذب متفاوت است. روی می‌تواند به صورت مواد غیر آلی مانند اکسید روی و سولفات روی و یا به صورت کیلیت‌های آلی نظیر پروپیونات روی یا استات روی مورد استفاده قرار گیرد. در هر صورت زیست‌فراهمی منابع آلی روی نسبت به منابع غیر آلی بالاتر است. استفاده از منابع آلی روی به دلیل قیمت بالاتر در جیره حیوانات محدود می‌باشد (Zhao et al., 2014). سطوح بالاتر روی سبب افزایش دفع آن در محیط‌زیست و مشکلات زیست‌محیطی خواهد شد (Feng et al., 2009). بنابراین، این موضوع دریچه‌ای را جهت استفاده از منابع روی با زیست‌فراهمی بالاتر می‌گشاید تا در صورت امکان میزان مصرف مکمل روی در جیره حیوانات کاهش یابد. در بین تمام روش‌ها، استفاده از فناوری نانو جهت تولید مکمل روی با اندازه ذرات نانو (نانوروی) فرصتی است که می‌تواند جایگزین استفاده از منابع آلی و غیر آلی گردد. هدف از مقاله حاضر بررسی اثرات استفاده از نانو ذرات روی در تغذیه دام می‌باشد.

ویژگی‌های نانو ذرات مواد معدنی

نانو ذرات مواد معدنی با ابعادی کمتر از ۱۰۰ نانومتر، تحت شرایط دما و فشار بالا پایدار هستند (Stoimenov et al., 2002). به دلیل اندازه کوچک، مصرف نانو ذرات مواد معدنی نسبت به اکسید روی با اندازه بزرگ‌تر و مقدار بیشتر، با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد (Feng et al., 2009). در بدن حیوان عکس‌العمل نانو ذرات مواد معدنی نسبت به مواد آلی یا غیر آلی به دلیل سطح تماس بزرگ‌تر آن‌ها به‌طور مؤثرتری انجام می‌گیرد (Zaboli et al., 2013). فعالیت‌های عملکردی نانو ذرات مواد معدنی مانند اثرات شیمیایی، کاتالیک یا بیولوژیکی به‌شدت توسط اندازه ذرات آن‌ها تحت

تأثیر قرار می‌گیرد (Rosi and Mirkin, 2005). به هنگام مصرف از طریق دهان، نانو ذرات اکسید روی بیشتر در کبد ابقا می‌گردند.



شکل ۱- مواد با اندازه نانو در مقایسه نسبی با سایر مواد

اثرات نانو ذرات اکسید روی بر دام‌ها

مشابه منابع معمولی روی، نانو ذرات روی نیز نقش مهمی در حیوانات بازی می‌کنند. نتایج منابع محدود موجود در این زمینه در جدول ۱ آمده است.

الف. رشد

نانو ذرات اکسید روی سبب افزایش رشد، مصرف خوراک و سود اقتصادی در طیور و بچه خوک‌ها می‌گردد (Yang and Sun, 2006; Mishra et al., 2014). استفاده از نانو ذرات اکسید روی در سطح ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خوراک یا ۳۰۰۰ میلی‌گرم مکمل اکسید روی در هر کیلوگرم از خوراک سبب بهبود افزایش وزن بچه خوک‌ها شد (Hongfu, 2008). نانو ذرات اکسید روی در سطح ۴۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خوراک سبب افزایش عملکرد تولیدی و بازده پس از ۴۲ روز از مصرف خوراک می‌گردد (Lina et al., 2009a). در آزمایش میشر و همکاران (۲۰۱۴) نیز به هنگام استفاده از نانو ذرات روی در مقایسه با مکمل غیر آلی روی حتی با نسبت ۱ به ۵۰۰ در تغذیه جوجه‌های تخم‌گذار، افزایش سرعت رشد و افزایش در سطح گلوکز سرم و آلکالین فسفاتاز و کاهش آلانین آمینو ترانسفراز گزارش گردید. در نشخوارکنندگان مقادیر بالای روی نمی‌تواند به‌عنوان محرک رشد عمل کند، با این حال تأیید شده است که مصرف در سطوح بالاتر از ۳۰۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خوراک می‌تواند سبب تحریک رشد در خوک‌ها شود (Hongfu, 2008). هانگفو (۲۰۰۸) با بررسی اثر نانو ذرات اکسید روی بر رشد و اسهال بچه خوک‌های شیر گرفته‌شده گزارش نمود

مصرف ۴۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم نانو ذرات اکسید روی سبب کاهش اسهال به میزان ۴۹/۱٪ می‌گردد و این یافته مشابه نتایجی بود که با مصرف ۳۰۰۰ میلی‌گرم اکسید روی در هر کیلوگرم خوراک حاصل شده بود.

جدول ۱- اثر نانو ذرات روی بر عملکرد حیوانات

منبع	نتایج	اثرات	گونه	ردیف
Chen et al. (2011)	افزایش غلظت اسیدهای چرب و تولید پروتئین میکروبی و تخمیر ماده آلی، کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی و نسبت استات به پروپیونات	تخمیر	استفاده از نانو ذرات اکسید روی در سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم در ۶ و ۱۲ ساعت انکوباسیون در روش آزمایشگاهی	۱
Hongfu (2008); Yang and Sun (2006)	کاهش نرخ اسهال	ایمنی	خوک	۲
Rajendran et al. (2013)	کاهش تعداد سلول‌های بدنی در ورم پستان تحت بالینی، افزایش تولید شیر	تولید شیر	گاو هلشتاین	۳
Lina et al. (2009a)	بهبود سرعت رشد و ضریب تبدیل و بازده لاشه، کاهش هزینه تولید	مصرف خوراک	طیور (جوجه‌های گوشتی)	۴
Campbell and Mills (1979); Najafzadeh et al. (2013)	وقوع بالای سقط و مرده زایی	تولیدمثل	گوسفند	۵
Hongfu (2008); Yang and Sun (2006)	بهبود رشد و ضریب تبدیل	رشد	طیور	۶

ب. تولید شیر

نانو ذرات روی در مقایسه با سایر منابع معمول اکسید روی سبب کاهش تعداد سلول‌های بدنی و بهبود تولید شیر در گاوهای مبتلابه ورم پستان تحت بالینی می‌گردند. بنابراین نانو ذرات روی ممکن است به‌عنوان عامل پیشگیری و درمانی جهت کنترل ورم پستان در گاوهای شیری مورد استفاده قرار گیرد (Rajendran et al., 2013).

ج. تخمیر شکمبه

چن و همکاران (۲۰۱۱) اثر نانو ذرات اکسید روی (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم) را بر الگوی تخمیر شکمبه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد استفاده از نانو ذرات اکسید روی در محیط *in vitro* سبب بهبود رشد میکروارگانیسم‌های شکمبه، افزایش سنتز پروتئین میکروبی و بهبود بازده مصرف انرژی در مرحله ابتدایی (۶-۱۲ ساعت) انکوباسیون می‌گردد (Chen et al., 2011). در این آزمایش افزایش غلظت اسیدهای چرب فرار، تولید پروتئین خام میکروبی، افزایش تخمیر ماده آلی همراه با کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی و نسبت استات به

پروپینونات با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم نانو ذرات اکسیدروی در هر کیلوگرم خوراک در ساعت ۶ و ۱۲ انکوباسیون گزارش شد.

د. ایمنی

کمبود روی در انسان همانند حیوانات آزمایشگاهی سبب کاهش پاسخ ایمنی و مقاومت به بیماری‌ها خواهد شد (Chesters, 1997). اما اخیراً نقش روی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان در سیستم عصبی مرکزی به‌ویژه مغز توجه زیادی را به خود جلب نموده است. روی در ساختار و عملکرد پروتئین‌های بسیار زیادی که به‌عنوان تنظیم‌کننده، ساختاری یا آنزیم دسته‌بندی می‌شوند نقش دارد. در دستگاه عصبی مرکزی روی در ترشحات سیستم عصبی وجود دارد یا نقش کوفاکتور دارد؛ در این نقش روی در وزیکول‌های سیناپسی دسته‌ای از اعصاب، به نام اعصاب حاوی روی^۱ متراکم شده است که زیر دسته‌ای از اعصاب هستند که گلوتامات را به‌عنوان نوروترانسمیتر ترشح می‌کنند و فقط در مغز پیشین وجود دارند (Frederickson et al., 2000).

پیشرفت معنی‌داری در وضعیت سلامتی (کلسترول پائین و ALT بالا) و ایمنی جوجه‌های گوشتی که ۰/۰۶ میلی‌گرم نانو ذرات روی در هر کیلوگرم خوراک مصرف نموده بودند در مقایسه با مصرف دوز معمول ۱۵ میلی‌گرم مکمل روی آلی یا غیر آلی در هر کیلوگرم خوراک مشاهده شده است (Sahoo et al., 2014a, b). در مقایسه با سایر بافت‌های نرم، مغز انسان حاوی مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای از عنصر روی می‌باشد. نرخ اسهال به هنگام مصرف نانو ذرات اکسید روی به میزان ۴۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم، بیش از ۴۹/۱٪ و به هنگام مصرف اکسید روی به میزان ۳۰۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خوراک، ۲۱/۶٪ کاهش یافت (Hongfu, 2008).

و. تولیدمثل

نانوآنتی‌اکسیدان حوزه‌ای است که باید برای جلوگیری از جفت ماندگی و سایر مشکلات تولیدمثلی پس از زایش و بهبود مشکلات باروری موردبررسی قرار گیرد. روی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی دارد و نقش مهمی در پاک‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن دارد. نبود روی ممکن است سبب افزایش تخریب اکسیداتیو که مسبب کیفیت پائین اسپرم است، گردد (Colagar et al., 2009). روی مصرف انرژی را از طریق سیستم ATP موردنیاز در انقباض و تنظیم ذخایر انرژی فسفولپید کنترل می‌کند و بنابراین زنده‌مانی اسپرماتوزوآ را تحت تأثیر قرار می‌دهد

^۱ Zinc containing nerous

(Hidiroglou and Knipfel, 1984). روی زنده‌مانی اسپرم‌های بز را از طریق تأثیر بر توسعه تاژک دم اسپرم تحت تأثیر قرار می‌دهد (Saleh et al., 1992). تغذیه کم روی ممکن است عامل خطر در کیفیت پائین اسپرم و ناباروری‌های ناشناخته جنس نر باشد (Colagar et al., 2009). همچنین نانوسنسورها جهت مطالعه علل سقط موجود می‌باشند. نانوتیوب‌ها نیز ابزار جدیدی در سیستم تولیدی حیوان است که زیرپوست کاشته می‌شوند تا زمان واقعی سنجش میزان استرادیول را در خون مشخص سازند. جیره‌های با کمبود روی یکی از دلایل نرخ بالای وقوع سقط و زودزایی هستند (Campbell and Mills, 1979; Najafzadeh et al., 2013). استفاده از مکمل نانو ذرات روی در جیره حیوانات احتمالاً می‌تواند این مشکلات تولیدمثلی را برطرف سازد و بنابراین ممکن است سبب ارتقای اقتصاد دامداری گردد. لذا باید مطالعاتی در این زمینه به‌منظور بررسی امکان استفاده از نانو ذرات روی در بهبود عملکرد تولیدمثلی حیوان در آینده انجام گیرد.

فعالیت ضد باکتریایی نانو ذرات روی

بسیاری از محققین نقش ضد باکتریایی نانو ذرات اکسیدهای فلزی را مطرح نموده‌اند. نقش ضد باکتریایی به این معنی می‌باشد که یک واکنشگر بدون ایجاد اثرات سمی بر بافت‌های اطراف به‌طور موضعی باکتری را می‌کشد و یا رشد آن‌ها را کاهش می‌دهد. نانو ذرات اکسید روی هم بر باکتری‌های گرم مثبت و هم باکتری‌های گرم منفی اثرات باکتری‌کشی دارند (Arabi et al., 2012) و همچنین روی اسپورهایی که به دما و فشار بالا مقاوم هستند، مؤثر می‌باشد (Rosi and Mirkin., 2005). وقتی که باکتری‌ها در معرض نانو ذرات اکسید روی قرار می‌گیرند، افزایش معنی‌داری در نفوذپذیری آن ایجاد می‌گردد که انتقال صحیح مواد از غشای آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Auffan et al., 2009) و منجر به مرگ سلول می‌گردد. اثر ضد باکتریایی نانو ذرات اکسید روی به سطح تماس و غلظت بستگی دارد، بنابراین ساختار کریستالی و شکل ذره اثر کمی دارند (Arabi et al., 2012). اما برخی از دیگر محققان دریافته‌اند اندازه ذرات روی با فعالیت ضد باکتریایی به‌طور معکوس ارتباط دارد و هر چه اندازه ذره کوچک‌تر باشد فعالیت ضد باکتریایی بیشتر خواهد بود (Shrivastava et al., 2007).

نانو ذرات در مقایسه با ذرات درشت سطح تماس در دسترس بیشتری جهت عکس‌العمل با سطح باکتریایی به‌منظور افزایش اثرات ضد باکتریایی دارند (Adams et al., 2006). اثرات ضد باکتریایی نانو ذرات اکسیدروی به غلظت آن بستگی دارد (Arabi et al., 2012). باین‌حال مکانیزم واقعی نفوذ اکسید روی به غشای باکتری کاملاً مشخص نیست و مواردی نظیر غیرفعال سازی

پروتئین‌های ناقل در غشاء، کاهش نفوذپذیری غشاء از علل مرگ سلول ذکر شده‌اند (Rajendran et al., 2010; Raad et al., 2005). مکانیزم ممکن دیگر برای اثرات آنتی‌بیوتیکی نانو ذرات اکسید روی به این صورت است که میکروارگانیزم‌ها، ناقل بار مثبت و اکسیدهای فلزی ناقل بار منفی هستند و در نتیجه یک نیروی جاذبه الکترومگنتیک بین آن‌ها ایجاد می‌شود (Arabi et al., 2012)، زمانی که تماس برقرار می‌گردد میکروب اکسید می‌گردد و فوراً می‌میرد. عملکرد غیراختصاصی نانو ذرات علیه باکتری‌ها، آن‌ها را کاندیداهای مناسبی به‌عنوان عوامل ضد میکروبی بدون خطر افزایش مقاومت باکتریایی می‌سازد. بنابراین مشخص می‌گردد که می‌توان از نانو ذرات اکسید روی به دلیل داشتن اثرات ضد میکروبی عالی به‌عنوان ماده محرک رشد یا پیشگیری از بیماری‌ها در خوراک حیوان استفاده نمود. لذا در آینده باید تحقیقات بر مصرف نانو ذرات روی به‌عنوان جایگزینی برای منابع معمول روی در خوراک حیوان به‌منظور کاهش استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های خوراکی و همچنین سایر مزایای استفاده از آن مورد متمرکز گردد.

سمیت روی

خطر بالقوه غلظت‌های بالای نانو ذرات روی شناسایی نشده است و داده‌های مربوط به اثرات مسمومیت‌زایی آن کم است. بیشتر مطالعات مربوط به مسمومیت در جوندگان به دلیل سهولت استفاده، انجام شده است و در مسمومیت با روی در گوسفند تغییرات پاتولوژیکی بیشتر در پانکراس، کلیه، کبد، شکمبه، شیردان، روده کوچک، غدد فوق کلیوی مشاهده شده است (Allen et al., 1983). اندام‌های هدف به هنگام استفاده دهانی از نانو ذرات روی کبد، طحال، قلب، پانکراس و استخوان بوده است. در تحقیقات انجام شده اثرات مسمومیت‌زایی نانو ذرات اکسید روی وابسته به دوز و زمان مصرف بوده است و مکانیزم اثر آن از طریق تنش اکسیداتیو، پراکسیداسیون لیپیدها، تخریب دیواره سلولی و تخریب اکسیداتیو DNA می‌باشد (Lin et al., 2009; Najafzadeh, 2013). القای مسمومیت توسط نانو ذرات اکسید روی سبب تولید رادیکال‌های آزاد می‌گردد که منجر به صدمات اکسیداتیو، حساسیت به التهاب و مرگ خواهد شد (Xia et al., 2008).

گزارش شده است مسمومیت‌زایی روی با غلظت یون آزاد متناسب می‌باشد (Kasemets et al., 2009; Kool et al., 2011). ولی نانو ذرات اکسید روی احتمالاً تا زمان طولانی‌تری به‌صورت نانو ذره باقی می‌مانند و بنابراین نسبت به نمک‌های غیر آلی مربوط به خود سمیت کمتری دارند (Hooper et al., 2011) مشخص شده است که سمیت زایی روی مستقل از اندازه ذرات، تجمع ذرات یا نوع محیط می‌باشد.

نتیجه گیری

نقش روی در سیستم حیوانات به خوبی مشخص و ثبت شده است و روی حاصل از منابع معمولی زیست‌فراهمی کمی دارد و دفع آن سبب مشکلات زیست‌محیطی خواهد شد. نانو ذرات روی به‌عنوان یک جایگزین صرف‌نظر از زیست‌فراهمی بالا ویژگی‌هایی نظیر تحریک رشد، ضد باکتری، تعدیل سیستم ایمنی و بسیاری مزایای دیگر را دارد و درعین‌حال تمام اهداف حاصل از استفاده از منابع سنتی روی را برآورده می‌سازد. بنابراین نانو ذرات روی می‌توانند در دوزهای پایین‌تر جهت دستیابی به نتایج بهتر در خوراک حیوانات اهلی مورد استفاده قرار گیرند و به‌صورت غیرمستقیم از آلودگی محیط جلوگیری کنند. لذا باید از طریق آزمایش‌ها سیستماتیک نسبت به تعیین سطوح بهینه و دوزهای سمی نانو اکسید روی و همچنین بررسی روش‌های اقتصادی تولید نانو ذرات روی اقدام نمود.

جدول ۲- گزارش‌ها در مورد سمیت مکمل روی

منبع	سمیت	اندام‌های تحت تأثیر	سطح مصرف	گونه	ردیف
Wang et al. (2006)	افزایش سطح آلانین آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و لاکتات دهیدروژناز در گروه دریافت‌کننده نانوروی- نانوروی نسبت به میکرو روی در کبد سمیت کمتری داشت. جراحات شدید در کلیه مشاهده شد. کمخونی و مسمومیت کبدی، مسمومیت کلیوی و التهاب خفیف روده و معده در گروه دریافت‌کننده نانوروی مشاهده شد.	کبد، کلیه	۵ گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن	موش	۱
Wang et al. (2008)	روی بیشتر در استخوان، کلیه و پانکراس ایجا شد. ویسکوزیته خون افزایش یافت، صدمات حاصل از مصرف اکسید روی با اندازه ۱۲۰ نانومتر در معده، کبد، قلب و طحال وابسته به سطح مصرف بود. صدمات حاصل از مصرف اکسید روی با اندازه ۲۰ نانومتر در معده، کبد، طحال و پانکراس با سطح مصرف رابطه عکس داشت. به هنگام مصرف دهانی نانو ذرات روی کبد، طحال، قلب، پانکراس و استخوان تجمع می‌یابند.	معده، کبد، قلب و طحال	۲۰ و ۱۲۰ نانومتر پودر اکسید روی در سطح مصرف ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن	موش	۲
Najafzadeh et al. (2013)	آلکالین فسفاتاز کاهش یافت و سطح کراتین با مصرف نانو ذرات روی کاهش یافت. تورم سلول‌ها، نکروز آئوزینوفیلیک سلول‌های کبدی	کبد و کلیه	۲۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن به‌صورت دهانی به مدت ۲۵ روز	گوسفند	۳
Lee et al. (2014)	نانوذرات روی می‌توانند گونه‌های فعال اکسیژن مورد نیاز در تنش اکسیداتیو را تولید کنند. در سلول‌های در معرض نانوروی سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و سوپراکسید دیسموتاز بیشتر و گلوتاتیون کمتر بود. افزایش بیان ژن‌های سوپراکسید دیسموتاز توسط نانوذرات اکسید روی می‌تواند سبب افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و تنش اکسیداتیو گردد.	بیان ژن کراتینوسیت‌ها		انسان	۴

منابع مورد استفاده

- 1- Adams, L.K., D.Y. Lyon., and P.J.J. Alvarez. 2006. Comparative eco-toxicity of nanoscale TiO₂, SiO₂ and ZnO water suspensions. *Water Res*; 40:3527-32.
- 2- Allen, J.G., H.G. Masters., R.L. Peet., K.R. Mullins., R.D. Lewis., S.Z. Skirrow., et al. 1983. Zinc toxicity in ruminants. *J Comp Pathol*; 93:363-77.
- 3- Arabi, F., M. Imandar., M. Negahdary., M. Imandar., M. T. Noughabi., H. Akbari-dastjerdi., et al. 2012. Investigation anti-bacterial effect of zinc oxide nanoparticles upon life of *Listeria monocytogenes*. *Ann Biol Res*; 3:3679-85.
- 4- Auffan, M., J. Rose., J. Y. Bottero., G. V. Lowry., J. P. Jolivet., and M. R. Wiesner. 2009. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. *Nat Nanotechnol*; 4:634-41. <http://dx.doi.org/10.1038/NNANO.2009.242>.
- 5- Bunglavan, S. J., A. K. Garg., R. S. Dass., and S. Shrivastava. 2014. Use of nanoparticles as feed additives to improve digestion and absorption in livestock. *Livestock Research International*. Vol 2. Issue 3. Pages 36-47
- 6- Campbell. J. K., and C. F. Mills. 1979. The toxicity of zinc to pregnant sheep. *Environ Res*; 20:1-13.
- 7- Chen. J., W. Wang., and Z. Wang. 2011. Effect of nano-zinc oxide supplementation on rumen fermentation in vitro *Chin J Animal Nutr*; 8:023.
- 8- Chesters, J. K. 1997. Zinc. In: O'Dell BL, Sunde. R. A., editors. *Handbook of nutritionally essential mineral elements*. New York: Marcel Dekker Inc; p. 185-230.
- 9- Colagar A. H., E. T. Marzony., and M. J. Chaichi. 2009. Zinc levels in seminal plasma are associated with sperm quality in fertile and infertile men. *Nutr Res*; 29(2):82-8.
- 10- Feng, M., Z. S. Wang., A. G. Zhou., and D. W. Ai. 2009. The effects of different sizes of nanometer zinc oxide on the proliferation and cell integrity of mice duodenum-epithelial cells in primary culture. *Pak J Nutr*; 8:1164-6 .
- 11- Frederickson, C. J., S. W. Suh., D. Silva., C. J. Frederickson., and R. B. Thompson. 2000. Importance of zinc in the central nervous system: the zinc-containing neuron. *J Nutr*; 130(5): 1471S-83S.
- 12- Hidiroglou, M., and J. E. Knipfel. 1984. Zinc in mammalian sperm: a review. *J Dairy Sci*; 67(6):1147-56.
- 13- Hongfu, Y. B. Z. 2008. Effects of Nano-ZnO on growth performance and diarrhea rate in weaning piglets. *China Feed*; 1:008.
- 14- Hooper, H. L., K. Jurkschat., A. J. Morgan., J. Bailey., A. J. Lawlor., D. J. Spurgeon., et al. 2011. Comparative chronic toxicity of nanoparticulate and ionic zinc to the earthworm *Eisenia veneta* in a soil matrix. *Environ Int*; 37:1111-7.
- 15- Kasemets. K., A. Ivask., H. C. Dubourguier., and A. Kahru. 2009. Toxicity of nanoparticles of ZnO, CuO and TiO to yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Toxicol Vitro*; 23:1116-22

- 16- Kool, P. L., M. D. Ortiz., and C. A. van Gestel. 2011. Chronic toxicity of ZnO nanoparticles, non-nano ZnO and ZnCl to *Folsomia candida* (Collembola) in relation to bioavailability in soil. *Environ Pollut*; 159:2713-9.2
- 17- Lin, W., Y. Xu., C. Huang., Y. Ma., K. B. Shannon., D. Chen., et al. 2009. Toxicity of nano- and microsized ZnO particles in human lung epithelial cells. *J Nanopart Res*; 11:25-39.
- 18- Lina, T., J. Jianyang., Z. Fenghua., R. Huiying., and L. Wenli. 2009a. Effect of nano-zinc oxide on the production and dressing performance of broiler. *Chin Agric Sci Bull*; 02. Category Index: S831.
- 19- Mishra, A., R. K. Swain., S. K. Mishra., N. Panda., and K. Sethy. 2014. Growth performance and serum biochemical parameters as affected by nano zinc supplementation in layer chicks. *Indian J Anim Nutr*; 31:384-8.
- 20- Mussill, J. 1941. Zinkmangel als ursache des nichtrinderns. *Wien tierarztl Monatsschr*; 28:136.
- 21- Najafzadeh, H., S. M. Ghoreishi., B. Mohammadian., E. Rahimi., M. R. Afzalzadeh., M. Kazemivarnamkhasi., et al. 2013. Serum biochemical and histopathological changes in liver and kidney in lambs after zinc oxide nanoparticles administration. *Vet World*; 6:534-7.
- 22- Raad, I. I., H. A. Hanna., M. Boktour., G. Chaiban., R. Y. Hachem., T. Dvorak., et al. 2005. VancomycinResistant *Enterococcus faecium*: catheter colonization, esp gene, and decreased susceptibility to antibiotics in biofilm. *Antimicrob Agents Ch*; 49:5046-50.
- 23- Rajendran, D., G. Kumar., S. Ramakrishnan., and K. S. Thomas. 2013. Enhancing the milk production and immunity in Holstein Friesian crossbred cow by supplementing novel nano zinc oxide. *Res J Biotechnol*; 8:11-7.
- 24- Rosi, N. L., and C. A. Mirkin. 1991. Nanostructures in biodiagnostics. *Chem Rev* 2005; 105:1547-62.
- 25- Roughead, Z. K., M. E. Kunkel. Effect of diet on bone matrix constituents. *J Am Coll Nutr*; 10:242-6.
- 26- Sahoo, A., R. K. Swain., and S. K. Mishra. 2014b. Effect of inorganic, organic and nano zinc supplemented diets on bioavailability and immunity status of broilers. *Int J Adv Res*; 2:828-37.
- 27- Sahoo, A., R. K. Swain., S. K. Mishra., and B. Jena. 2014a. Serum biochemical indices of broiler birds fed on inorganic, organic and nano zinc supplemented diets. *Int J Recent Sci Res*; 5:2078-81.
- 28- Saleh, A. M., Y. R. Ibrahim., and R. M. Yousri. 1992. The effect of dietary zinc, season and breed on semen quality and body weight in goat. *Int J Anim Sci*; 7(1):5-12.
- 29- Shrivastava, S., T. Bera., A. Roy., G. Singh., P. Ramachandrarao., and D. Dash. 2007. Characterization of enhanced antibacterial effects of novel silvernano particles. *Nanotechnology*; 18:1-9.

- 30- Sri Sindhura, K., P. P. Selvam., T.N.V.K.V. Prasad., and O. M. Hussain. 2014. Synthesis, characterization and evaluation of effect of phyto-genic zinc nanoparticles on soil exo-enzymes. *Appl Nanosci*; 4:819-27.
- 31- Stoimenov, P. K., R. L. Klinger., G. L. Marchin., K. J. Klabunde. 2002. Metal oxide nanoparticles as bactericidal agents. *Langmuir*; 18:6679-86.
- 32- Wang, Z. L. 2000. Characterization of nanophase material. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH; p. 13-4.
- 33- Xia, T., M. Kovochich., M. Liong., L. Madler., B. Gilbert., H. Shi., et al. 2008. Comparison of the mechanism of toxicity of zinc oxide and cerium oxide nanoparticles based on dissolution and oxidative stress properties. *ACS Nano*; 2:2121-34.
- 34- Yang, Z. P., and L. P. Sun. 2006. Effects of nanometre ZnO on growth performance of early weaned piglets. *J Shanxi Agric Sci*; 3:024.
- 35- Zaboli, K., H. Aliarabi., A. A. Bahari., and R. Abbasalipourkabar. 2013. Role of dietary nano-zinc oxide on growth performance and blood levels of mineral: a study on in Iranian Angora (Markhoz) goat kids. *J Pharm Health Sci*; 2:19-26.
- 36- Zalewski, P. D., Q. T. Ai., G. Dion., J. Lata., M. Chiara., and E. R. Richard. 2005. Zinc metabolism in airway epithelium and airway inflammation: basic mechanisms and clinical targets: a review. *Pharmacol Ther*; 105:127-49.
- 37- Zhao, C. Y., S. X. Tan., X. Y. Xiao., X. S. Qiu., J. Q. Pan., and Z. X. Tang. 2014. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biol Trace Elem Res*; 160:361-7.

Use of zinc nanoparticles in livestock nutrition

M. Eftekhari, D. Seidi

Abstract

Nanotechnology is a new technology that is used in various fields of science such as agriculture. One of the sectors related to agriculture that this technique taken a step forward is livestock husbandry and their nutrition. Minerals are One of the most important and concerned area in livestock nutrition. Zinc is an important micro mineral that has been conducted a lot of research on the use of nanotechnology in livestock nutrition. Particles size of nanoparticles of zinc oxide is between 1 to 100 nm. It promotes growth, increases production, and is effective on immunity and reproduction. Because of the high bioavailability of zinc oxide nanoparticles, these supplements compared with the usual sources can be used in small amounts in animal rations and reduces the concerns about environmental pollution. However determination of the consumption level in livestock diets need to more complementary studies. Material presented in this paper Surveys the feasibility of using the Zn nanoparticles as a dietary supplement in livestock nutrition.

Keywords: Nanotechnology, Animal nutrition, zinc element