

## **Продуктивное действие совместного использования препаратов наночастиц железа и аргинина в питании цыплят-бройлеров\***

*Е.В. Яушева, мл.н.с., С.А. Мирошников, д.б.н., профессор, ФГБНУ Всероссийский НИИМС*

Наночастицы металлов и их соединений могут найти широкое применение в животноводстве в качестве препаратов микроэлементов. Это связано

с меньшей токсичностью наночастиц металлов, более высокой биодоступностью микроэлементов из наночастиц металлов в сравнении с традиционными препаратами. Среди исследований по использованию наночастиц металлов в животноводстве известны работы, демонстрирующие ростостимулирующие

---

\* Исследования выполнены при финансовой поддержке РНФ № 14-16-00060

и ранозаживляющие эффекты наночастиц железа, перспективы применения наночастиц железа в качестве кормовых добавок [1–4].

В этой связи определённый интерес представляют работы, направленные на создание новых препаратов железа, способствующих повышению продуктивности сельскохозяйственных животных, и возможность их совместного использования с другими ростостимулирующими препаратами, такими, как аргинин. Как известно, аргинин является основным фактором, регулирующим максимальный рост молодых животных [5].

**Материал и методы исследования.** Исследование было проведено в условиях экспериментально-биологической клиники (вивария) ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет» на цыплятах-бройлерах кросса Смена-7. Для эксперимента было отобрано 120 гол. 12-дневных цыплят-бройлеров, которых методом аналогов разделили на четыре группы (n=30). Во время эксперимента все птицы находились в одинаковых условиях содержания.

Общие рационы (ОР) для подопытных цыплят в ходе исследований формировали с учётом рекомендаций ВНИТИП. Микроклимат в помещении также соответствовал рекомендациям и требованиям ВНИТИП. Птиц кормили 2 раза в сутки, учёт поедаемости проводили ежесуточно. Поили цыплят вволю.

В период с 15 до 42 дн. жизни в состав рационов цыплят III и IV гр. был дополнительно включён аргинин в дозе 10 мг/кг корма. Птицам II и IV гр. производились внутримышечные (в/м) инъекции (200 мкл) в бедро в дозе 2 мг на 1 кг живой массы (в возрасте 15 и 29 дн.). Цыплята контрольной группы (I) получали общий рацион.

В ходе исследований в возрасте 21 и 42 дн. у цыплят изучали морфологические показатели крови (эритроциты, концентрацию гемоглобина, гематокрит). Параметры определяли на гематологическом анализаторе (модель URIT-2900 Vet Plus, URIT Medial Electronic Co., Китай).

Наночастицы железа при проведении эксперимента были синтезированы методом высокотемпературной конденсации на установке Миген-3 в Институте энергетических проблем химической физики РАН (г. Москва). Для синтеза использовано металлическое железо чистотой 99,99%. По итогам аттестации частиц установлено, что наночастицы железа размером  $80 \pm 5$  нм содержат кристаллический металл в ядре частиц  $96,0 \pm 4,5\%$ .

Препарат железа для инъекций готовили путём смешивания наночастиц с физраствором объёмом 200 мкл. Полученный препарат стерилизовали ультрафиолетом, затем обрабатывали ультразвуком (частота 35 кГц; мощность – 300 (450) Вт, амплитуда колебаний – 10 micrometer).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программного пакета «Statistica 6.0». Достоверными считали результаты при  $P \leq 0,05$ .

**Результаты исследования.** В исследовании установлено ростостимулирующее действие внутримышечных инъекций наночастиц железа. Так, введение наночастиц железа цыплятам II гр. через сутки после первой инъекции сопровождалось повышением их живой массы в сравнении с контролем на 6,2% ( $P \leq 0,05$ ), спустя 7 сут. – на 7,01% ( $P \leq 0,01$ ), максимальный прирост отмечался на 4-е сут. и составил 9,4% ( $P \leq 0,05$ ) (табл. 1). Повторное введение наночастиц железа (29-дневный возраст) через сутки привело к росту живой массы птиц по сравнению с контролем на 5,86% ( $P \leq 0,05$ ). По окончании исследования живая масса бройлеров II гр. превышала показатели птиц контрольной гр. на 7,12% ( $P \leq 0,01$ ).

Добавление аргинина в рацион птиц III гр. без введения наночастиц железа способствовало увеличению живой массы на 4,18% ( $P \leq 0,05$ ) через сутки после начала скармливания аминокислоты, на 6,3% ( $P \leq 0,01$ ) – через 11 сут. после введения. По достижению 42-дневного возраста живая масса птиц III гр. превышала показатели аналогов контрольной на 6,1% ( $P \leq 0,05$ ). Наибольшее увеличение прироста живой массы у особей III гр. по сравнению с контролем отмечалось в возрасте 39 дн. и составляло 6,54% ( $P \leq 0,05$ ).

Совместное использование внутримышечных инъекций наночастиц железа с включением в рацион аминокислоты аргинин увеличивало живую массу цыплят IV гр. по сравнению со сверстниками контрольной гр. на 7,82% ( $P \leq 0,01$ ) через сутки после первой инъекции и на 6,36% ( $P \leq 0,05$ ) – через сутки после второй инъекции. По окончании эксперимента показатели живой массы бройлеров IV гр. превышали контрольные показатели на 9,2% ( $P \leq 0,05$ ). Наибольшее увеличение живой массы птиц IV гр. по сравнению с контрольной отмечалось на 4-е сут. после первой инъекции (9,6%,  $P \leq 0,01$ ).

1. Показатели живой массы цыплят-бройлеров, г ( $X \pm Sx$ )

Возраст, нед.	Группа			
	I	II	III	IV
2	393,3±1,38	397,6±0,808	397,8±1,21	397,7±1,39
3	564,6±0,66	597,7±0,83**	575,2±1,82**	596±2,31**
4	873,8±2,77	902,6±7,16*	926,8±7,5**	919,3±9,09**
5	1308,1±11	1360,6±11,2*	1353,1±14,4	1377,3±14,5*
6	1535,3±22,3	1644,6±10,02**	1628,9±9,18*	1676,6±9,6**

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$

В результате оценка динамики роста птиц опытных групп показала большую эффективность совместного применения внутримышечных инъекций наночастиц железа и аргинина в рационе по сравнению с их отдельным использованием. Живая масса птиц IV гр. в конце эксперимента превышала показатели по приросту цыплят II и III гр. на 2,08 и 3,1% ( $P \leq 0,05$ ) соответственно.

Ростостимулирующие эффекты L-аргинина связаны с изменением баланса потребляемой и расходуемой энергии в пользу сжигания жира или снижения роста белой жировой ткани. L-аргинин стимулирует митохондриальный биогенез и развитие бурой жировой ткани [6]. Ранее на модели цыплят-бройлеров (Cobb 500) показано снижение массы брюшной жировой ткани и циркулирующих липидов под влиянием добавок диетического L-аргинина [7].

В отношении морфологических показателей крови наблюдалось увеличение уровня эритроцитов, концентрации гемоглобина и гематокрита у цыплят II и IV опытных групп (табл. 2). Так, спустя 7 сут. после первой инъекции уровень эритроцитов в крови бройлеров II гр. по сравнению с контролем был увеличен на 12,9% ( $P \leq 0,01$ ), IV гр. – на 16% ( $P \leq 0,01$ ), через 28 сут. после первой инъекции в возрасте цыплят 42 дн. – на 24,2 и 26,8% ( $P \leq 0,01$ ) соответственно. Показатели гемоглобина были увеличены относительно контроля в крови аналогов II и IV гр. на 3,9 ( $P \leq 0,05$ ) и 6,3% ( $P \leq 0,01$ ) через 7 сут. после первой инъекции, на 34,7 и 35,5% ( $P \leq 0,01$ ) соответственно – в конце эксперимента. Подобное изменение в уровне эритроцитов находит косвенное отражение в изменении показателей гематокрита. Согласно полученным результатам, уровень гематокрита был увеличен в крови цыплят II и IV гр. относительно контроля на 3,59 и 3,67% ( $P \leq 0,05$ ) спустя 7 сут. после введения наночастиц, на 15,3 и 18,7% ( $P \leq 0,01$ ) – в возрасте 42 дн. соответственно. В крови аналогов III гр. значимых изменений по содержанию эритроцитов, гемоглобина и гематокрита не отмечалось.

Полученные нами результаты изучения увеличения уровня эритроцитов и гемоглобина под действием наночастиц железа хорошо согласуются с данными других авторов [8].

## 2. Характеристика крови подопытных бройлеров ( $X \pm Sx$ )

Показатель	Группа	Время после инъекции, сут.	
		7	28
Эритроциты, $10^{12}/л$	I	2,52±0,012	2,7±0,02
	II	2,85±0,02**	3,36±0,04**
	III	2,5±0,14	2,73±0,26
	IV	2,93±0,01**	3,43±0,06**
Гематокрит, %	I	26,3±0,54	29,6±0,69
	II	29,9±0,59*	44,9±0,41**
	III	26,3±1,2	30,9±0,58
	IV	29,9±0,73*	48,3±0,33**
Концентрация гемоглобина, г/л	I	145,7±1,45	146,±0,58
	II	151,38±0,7*	196,7±0,43**
	III	145,3±1,86	145±2,08
	IV	154,8±0,92**	197,9±0,81**

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$

**Вывод.** Проведённые исследования подтвердили ростостимулирующий эффект наночастиц железа. Эффекты, установленные при совместном использовании аргинина и наночастиц железа, оказались сходными.

### Литература

- Zhang J. Comparison of short-term toxicity between Nano-Se and selenite in mice / J. Zhang, H. Wang, X. Yan, L. Zhang // Life Sci. Jan. 2005. V. 76(10). P. 1099–1109.
- Rohner F. Synthesis, characterization, and bioavailability in rats of ferric phosphate nanoparticles / F. Rohner, F.O. Ernst, M. Arnold, M. Hilbe, R. Biebinger, F. Ehrensperger, S.E. Pratsinis, W. Langhans, R.F. Hurrell, M.B. Zimmermann // J. Nutr. Mar. 2007. V. 137 (3). P. 614–619.
- Плушенко Н.Н., Богословская О.А., Ольховская И.П. и др. Влияние наночастиц цинка на процессы ранозаживления // Биантиоксидант: матер. VI междунар. конф. М., 2002. С. 114–116.
- Aslam Mohamad F. / Mohamad F. Aslam, David M. Frazer, Nuno Faria, Sylvaine F. A. Bruggraber, Sarah J. Wilkins, Cornelia Mircioiu, Jonathan J. Powell, Greg J. Anderson, Dora I. A. Pereira // Ferroportin mediates the intestinal absorption of iron from a nanoparticulate ferritin core mimetic in mice // FASEB J. 2014. V. 28(8). P. 3671–3678.
- Flynn N.E. The metabolic basis of arginine nutrition and pharmacotherapy / N.E. Flynn, C.J. Meininger, T.E. Haynes, G. Wu // Biomed Pharmacother. 2002. V. 56. P. 427–438.
- McKnight J.R. Beneficial effects of L-arginine on reducing obesity: potential mechanisms and important implications for human health / J.R. McKnight, M.C. Satterfield, W.S. Jobgen, S.B. Smith, T.E. Spencer, C.J. Meininger, C.J. McNeal, G. Wu. // AminoAcids. 2010. V. 39 (2). P. 349–357.
- Fouad A.M. Dietary L-arginine supplementation reduces abdominal fat content by modulating lipid metabolism in broiler chickens / A.M. Fouad, H.K. El-Senousey, X.J. Yang, J.H. Yao // Animal. 2013. V. 7(8). P. 1239–1245.
- Скоркина М.Ю., Федорова М.З., Сладкова Е.А. и др. Влияние наночастиц железа на дыхательную функцию крови // Ярославский педагогический вестник. 2010. № 2. С. 101–106.