动物营养学报 2020,32(4):1836-1841
Chinese Journal of Animal Nutrition

doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2020.04.042

饲粮添加锰对 3~4 月龄獭兔脂肪沉积和脂肪组织脂质代谢的影响

陈晓阳[1,2]　杨国雨[1,2]　李　凡[1,2]　张　斌[1,2]　李晨阳[1,2]　李福昌[1,2*]

(1.山东农业大学动物科技学院,泰安 271018;2.山东省动物生物工程与疾病防治重点实验室,泰安 271018)

摘　要: 本试验旨在研究饲粮添加锰对生长獭兔脂肪组织脂质代谢的影响。选用初始体重相近、健康状况良好的 3 月龄獭兔 200 只,随机分为 5 组(每组 40 个重复,每个重复 1 只),分别饲喂在基础饲粮中添加 0(对照)、5、10、20、40 mg/kg 锰(以硫酸锰的形式)的试验饲粮。预试期 7 d,正试期 29 d。结果表明:1)与对照组相比,饲粮中添加 10~20 mg/kg 锰显著降低了肩胛脂肪沉积率($P<0.05$),饲粮中添加 5~40 mg/kg 锰显著降低了胃周脂肪沉积率($P<0.05$)。饲粮中锰添加水平对肾周脂肪沉积率没有显著影响($P>0.05$)。2)饲粮中锰添加水平对肉碱脂酰转移酶 2(*CPT*2)、激素敏感脂酶(*HSL*)和过氧化物酶体增殖物激活受体 β(*PPARβ*)基因的表达量没有显著影响($P>0.05$)。与对照组相比,饲粮中添加 20~40 mg/kg 锰显著降低了脂肪酸合成酶(*FAS*)基因的表达量($P<0.05$);饲粮中添加 20~40 mg/kg 锰显著降低了乙酰辅酶 A 羧化酶(*ACC*)基因的表达量($P<0.05$);饲粮中添加 10~40 mg/kg 锰显著提高了肉碱脂酰转移酶 1(*CPT*1)基因的表达量($P<0.05$);饲粮中添加 10~20 mg/kg 锰显著提高过氧化物酶体增殖物激活受体 α(*PPARα*)基因的表达量($P<0.05$)。综上所述,饲粮中添加锰影响了 3~4 月龄獭兔的脂肪沉积和脂肪组织脂质代谢,锰添加水平为 20 mg/kg 时,可以有效促进脂肪组织的氧化分解,抑制脂肪组织的合成,并能降低体脂肪的沉积率。

关键词: 锰;獭兔;脂肪;脂肪代谢;基因表达

中图分类号:S829.1　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1006-267X(2020)04-1836-06

锰广泛存在于自然界,也是机体必需的微量元素。经过研究发现,锰能促进机体生长,提高免疫力和繁殖性能同时对神经情绪活动影响也较大[1]。锰对机体糖类、脂肪、蛋白质代谢及细胞能量调节有重要作用,对骨骼的结构和生长也有重要影响。锰参与体内大多数生物化学反应,同时是体内众多酶的组成成分或激活剂。锰缺乏会导致生长受损、骨缺损、生育能力降低和出生缺陷增加、糖耐量异常、脂质和碳水化合物代谢改变等[2-3]。有研究表明,锰参与脂质代谢,对脂质代谢有重要的作用[4-5]。在断奶母猪饲粮中添加锰已被证明可以减少背膘厚度[3]。Lu 等[6-7]报道,在肉鸡基础饲粮中添加锰可显著降低腹脂率。目前,国内对锰的研究主要集中在家禽上,对家兔的研究还很少,尤其对獭兔的脂肪代谢的研究还不是很明确。因此,本试验旨在通过在饲粮中添加不同水平的锰,研究其对生长獭兔的脂肪组织脂肪代谢的影响,探讨其对生长獭兔脂肪代谢相关基因表达的影响,以期阐明饲粮中锰对生长獭兔脂肪代谢的作用机制。

收稿日期:2019-10-17

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(CARS-43-B-1);山东省双一流建设项目(SYL2017YSTD11)

作者简介:陈晓阳(1994—),男,山东临沂人,硕士研究生,从事家兔营养与代谢的研究。E-mail: 229658021@qq.com

* **通信作者:**李福昌,教授,博士生导师,E-mail: chlf@sdau.edu.cn

1　材料与方法

1.1　试验饲粮

基础饲粮参照文献[8-9]配制而成,其组成及营养水平见表 1。在基础饲粮中以硫酸锰的形式添加锰配制试验饲粮,试验饲粮中锰的添加水平分别为 0(对照)、5、10、20、40 mg/kg。

表 1　基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Corn	10.50	消化能 DE/(MJ/kg)	10.29
豆粕 Soybean meal	6.00	干物质 DM	88.64
玉米胚芽粕 Corn germ meal	20.00	粗蛋白质 CP	16.21
小麦麸皮 Wheat bran	18.00	粗灰分 Ash	7.12
稻壳粉 Husk powder	11.00	粗脂肪 EE	3.74
豆秸粉 Soya bean stem meal	12.00	粗纤维 CF	16.91
苜蓿 Alfalfa	12.00	钙 Ca	0.76
麦芽根粉 Malt sprout flour	6.00	磷 P	0.51
青蒿草粉 *Artemisia apiacea* flour	3.00	赖氨酸 Lys	0.63
预混料 Premix[1)]	1.50	蛋氨酸 Met	0.24
合计 Total	100.00		

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 10 000 IU, VD 4 100 IU, VE 60 mg, VK_3 2 mg, VB_1 5 mg, VB_2 10 mg, VB_{11} 2.5 mg, VB_{12} 0.01 mg, 氯化胆碱 choline chloride 600 mg, Fe (as ferrous sulfate) 50 mg, zn (as zinc) 50 mg, Se (as selenium) 0.4 mg, I (as iodine) 0.6 mg, Cu (as copper sulfate) 30 mg, $CaHPO_4$ 1 600 mg, NaCl 4 800 mg, Lys 1 200 mg, Met 2 000 mg, 石粉 limestone 1 600 mg。

2)消化能为计算值,其他均为实测值。DE was a calculate value, while the others were measured values.

1.2　试验设计与饲养管理

本试验选取平均体重接近的、健康状况良好的 3 月龄生长獭兔 200 只(公母各占 1/2),随机分为 5 组,每组 40 个重复,每个重复 1 只,分别饲喂不同锰添加水平的 5 种饲粮。试验前将饲养环境彻底清洗消毒,期间保持自然采光和消毒。试验兔单笼饲养,每天 08:00 和 16:00 各饲喂 1 次。每周带兔消毒兔舍 1 次。预试期 7 d,正试期 29 d。

1.3　样品采集与制备

在饲养试验结束时,每组随机选取 8 只试验兔,剥离肩部、胃周、肾周脂肪组织,称重后及时放入液氮,随后转移到-80 ℃中保存。

1.4　测定指标与方法

1.4.1　脂肪沉积

肩胛、胃周或肾周脂肪沉积率(%) = 100×肩胛、胃周或肾周脂肪重/屠宰前的活兔体重。

1.4.2　脂肪组织中脂肪代谢相关基因的表达量

脂肪组织中的总 RNA 采用 Trizol 法提取,注意提取过程中将离心出的油脂清除。用琼脂糖凝胶电泳和生物分光光度计分别检测 RNA 的质量和浓度。按照大连宝生物工程有限公司(TaKaRa)的 PCR 反转录和荧光定量试剂盒操作说明,将 RNA 反转录成 cDNA,然后在美国 ABI7500 荧光定量 PCR 仪上进行实时荧光定量 PCR,表 2 列出了所有引物的序列。试验结果用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 法分析,以 β-肌动蛋白(β-actin)基因作为内参基因校正目的基因的表达量。

1.5　数据处理

数据以平均值和均方根误差表示,采用 SAS 9.1.3 统计软件进行数据的方差分析,用 Duncan 氏法进行数据的多重比较,以 $P<0.05$ 为差异显著,以 $0.05\leq P<0.10$ 为有变化趋势。

2　结果与分析

2.1　饲粮锰添加水平对生长獭兔脂肪沉积的影响

由表 3 可知,与对照组相比,饲粮中添加 10~20 mg/kg 锰显著降低了肩胛脂肪沉积率($P<0.05$),饲粮中添加 5~40 mg/kg 锰显著降低了胃周脂肪沉积率($P<0.05$)。饲粮中锰添加水平对肾周脂肪沉积率没有显著影响($P>0.05$)。

表 2 实时荧光定量 PCR 所用引物序列

Table 2 Primer sequences of real time-PCR

基因 Genes	GenBank 登录号 GenBank accession number	引物序列 Primer sequences (5′—3′)	产物长度 Product size/bp
β-肌动蛋白 β-actin	NM_001101683.1	F:CGCAGAAACGAGACGAGATT R:GCAGAACTTTGGGGACTTTG	168
过氧化物酶体增殖物激活受体 α *PPARα*	XM_002723354	F:AGGCCCTCTTCAGAACCTGT R:GTGGCTTTCTGTTCCCAGAG	122
过氧化物酶体增殖物激活受体 γ *PPARγ*	NM_001082148.1	F:GGAGCAGAGCAAAGAAGTCG R:CTCACAAAGCCAGGGATGTT	111
肉碱脂酰转移酶 1 *CPT*1	XM_002724092.2	F:ATTCTCACCGCTTTGGGAGG R:ACGGGGTTTTCTAGGAGCAC	196
肉碱脂酰转移酶 2 *CPT*2	XM_008265231.1	F:ATGACCGTTTCTGCCATCC R:AAGGTGTTGGTGTCGCTTCT	101
脂肪酸合成酶 *FAS*	KF201292.1	F:ACCACGTCCAAGGAGAGCA R:AGTTCTGCACCGAGTTGAGC	112
乙酰辅酶 A 羧化酶 *ACC*	XM_002719077.2	F:GTGGTCTTCGTGTGAACTGG R:TTCTTCTGCTGCCTTTAGCC	122
激素敏感脂酶 *HSL*	XM_008249691.2	F:CCAGGCTAAACTCGCATCCA R:ATTTGGCTCTCTGGACTGGC	119
脂蛋白脂酶 *LPL*	NM_001177330.1	F:TTCAACCACAGCAGCAAGAC R:TAACAGCCAGTCCACCACAA	141

表 3 饲粮锰添加水平对生长獭兔脂肪沉积的影响

Table 3 Effects of dietary Mn supplementation level on fat deposition of growing Rex rabbits (n=40) %

项目 Items	饲粮锰添加水平 Dietary Mn supplementation level/(mg/kg)					*P* 值 *P*-value
	0(对照 control)	5	10	20	40	
肩胛脂肪沉积率 Scapular fat deposition rate	0.23±0.01^{a}	0.19±0.14^{ab}	0.15±0.01^{bc}	0.14±0.01^{c}	0.19±0.02^{ab}	0.000 6
胃周脂肪沉积率 Perigastric fat deposition rate	0.68±0.09^{a}	0.47±0.06^{b}	0.37±0.02^{b}	0.31±0.04^{b}	0.36±0.02^{b}	0.000 2
肾周脂肪沉积率 Perirenal fat deposition rate	0.21±0.04	0.27±0.04	0.17±0.01	0.19±0.03	0.21±0.03	0.293 5

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P>0.05),不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 饲粮锰添加水平对生长獭兔脂肪代谢相关基因表达的影响

由表 4 可知,饲粮中锰的添加水平对肉碱脂酰转移酶 2(*CPT*2)、激素敏感脂酶(*HSL*)、脂蛋白脂酶(*LPL*)和过氧化物酶体增殖物激活受体 β(*PPARβ*)基因的表达量没有显著影响(P>0.05)。与对照组相比,饲粮中添加 20~40 mg/kg 锰显著降低了脂肪酸合成酶(*FAS*)基因的表达量(P<0.05);与对照组相比,饲粮中添加 20~40 mg/kg 锰显著降低了乙酰辅酶 A 羧化酶(*ACC*)基因的表达量(P<0.05);与对照组相比,饲粮中添加 10~40 mg/kg锰显著提高了肉碱脂酰转移酶 1(*CPT*1)基因的表达量(P<0.05);与对照组相比,饲粮中添加 10~20 mg/kg 锰显著提高过氧化物酶体增殖物激活受体 α(*PPARα*)基因的表达量(P<0.05)。

表 4　饲粮锰添加水平对生长獭兔脂肪代谢相关基因表达的影响

Table 4　Effects of dietary Mn supplementation level on expression of genes related to lipid metabolism of growing Rex rabbits (n=8)

项目 Items	饲粮锰添加水平 Dietary Mn supplementation level/(mg/kg)					*P* 值 *P*-value
	0(对照 control)	5	10	20	40	
脂肪酸合成酶 *FAS*	1.00±0.06^{a}	0.93±0.04^{ab}	0.86±0.04^{ab}	0.79±0.07^{bc}	0.64±0.07^{c}	0.003 2
乙酰辅酶 A 羧化酶 *ACC*	1.00±0.19^{b}	1.92±0.06^{a}	1.49±0.14^{c}	0.41±0.13^{c}	0.34±0.16^{c}	<0.000 1
肉碱脂酰转移酶 1 *CPT*1	1.00±0.19^{c}	1.19±0.20^{bc}	2.28±0.35^{a}	2.85±0.40^{a}	2.10±0.41^{ab}	0.001 9
肉碱脂酰转移酶 2 *CPT*2	1.00±0.08	0.95±0.14	0.94±0.04	0.95±0.16	0.93±0.08	0.991 3
激素敏感脂酶 *HSL*	1.00±0.07	1.03±0.08	0.87±0.06	0.98±0.04	0.91±0.06	0.400 8
脂蛋白脂酶 *LPL*	1.00±0.07	0.88±0.03	0.93±0.10	0.89±0.05	0.97±0.02	0.677 7
过氧化物酶体增殖物激活受体 α *PPARα*	1.00±0.07^{cd}	1.13±0.08^{bc}	1.30±0.07^{b}	1.54±0.08^{a}	0.88±0.08^{d}	<0.000 1
过氧化物酶体增殖物激活受体 β *PPARβ*	1.00±0.10	1.13±0.11	1.14±0.09	1.00±0.09	1.21±0.12	0.543 7

3　讨　论

3.1　饲粮锰添加水平对獭兔脂肪沉积的影响

Sands 等[10]的研究表明,饲粮中添加锰可降低肉鸡腹脂沉积率。Lu 等[6]研究表明,在断奶母猪饲粮中添加锰可以减少背膘厚度。本试验结果与上述在其他动物上的报道一致。饲粮中添加锰可降低獭兔脂肪沉积率的原因可能与其影响与脂肪代谢相关基因的表达有关。

3.2　饲粮锰添加水平对獭兔脂肪代谢相关基因表达的影响

FAS 在动物体内脂肪合成途径中起着极其重要的作用,在脂肪的合成过程中可以提供长链脂肪酸[11]。熊文中等[12]试验证实,猪的脂肪组织中 FAS 活性对胴体的脂肪量和脂肪率有显著的影响。FAS 是脂肪酸合成的限速酶[13]。本试验发现,在饲粮中添加 20~40 mg/kg 锰后显著降低了脂肪组织中 *FAS* 基因的表达量,说明饲粮中添加锰之后獭兔的脂肪酸合成受到了抑制。张光磊等[14]研究表明,肥胖小鼠使用 ACC 抑制剂能够降低小鼠的肥胖程度。ACC 在维持整个机体调控脂肪代谢中发挥着必不可少的作用[15]。Abu-Elheiga 等[16]研究发现,缺失 *ACC*2 基因的小鼠脂肪组织中的脂肪沉积减少。在本试验中发现,饲粮中添加 20~40 mg/kg 锰显著降低了脂肪组织中 *ACC* 基因的表达量,表明 *ACC* 基因的表达量的降低减少了獭兔的脂肪沉积。这说明脂肪酸的从头合成过程降低了。CPT1 是脂肪酸 β-氧化的限速酶[17]。本试验发现,饲粮中添加 10~40 mg/kg 锰显著提高了 *CPT*1 基因的表达量,这说明锰显著提高了脂肪酸的 β-氧化过程。CPT 是线粒体外膜上的酶,负责将长链脂肪酸转运进入线粒体[18]。*CPT*1 基因表达量的增加,进入线粒体的长链脂肪酸增加,脂肪酸的 β-氧化提高,较多的脂肪酸为机体提供了能量。当 *HSL* 的基因敲除后,脂肪水解能力遭到破坏,脂质合成和脂肪代谢能力明显下降[19]。在本试验中,饲粮锰的添加对獭兔的 *HSL* 基因表达没有显著影响,说明锰对獭兔脂肪沉积的影响不是通过抑制 *HSL* 基因的表达来实现的。LPL 是调控肉鸡脂肪沉积的关键酶[20]。有试验证明,LPL 的水平与脂肪细胞的大小和重量无关[21]。本试验结果表明,锰对獭兔脂肪沉积的影响可能是通过影响脂肪数量来实现的。PPARs 是调节脂质代谢的重要转录因子,PPARα 和 PPARγ

属于 PPARs 超家族成员[22]。PPARα 可以调节脂肪酸的摄取、氧化以及运输过程,进而调节脂质代谢[23]。本试验研究表明,饲粮中添加 10~20 mg/kg锰显著提高 *PPARα* 基因的表达量。这表明锰可以通过影响 *PPARα* 基因的表达来降低獭兔的脂肪沉积。PPARα 可以调节线粒体膜上的 CPT1 和 CPT2,从而控制脂肪酸在线粒体膜上的转运[24]。由此可以推断,饲粮中添加锰促进了獭兔脂肪的氧化,从而降低了獭兔脂肪沉积。结果表明,饲粮中添加锰降低獭兔的脂肪沉积,是通过抑制脂肪合成和促进脂肪氧化分解共同进行的。

4 结 论

饲粮中添加锰影响了 3~4 月龄獭兔的脂肪沉积和脂肪组织脂质代谢。当饲粮中锰添水平为 20 mg/kg时,锰通过降低 *FAS* 和 *ACC* 基因的表达量,提高 *CPT*1 和 *PPARα* 基因的表达量,导致脂肪的合成受到抑制同时脂肪的分解得到增加,从而降低了獭兔的脂肪沉积。

参考文献:

[1] CABALLERO B,FINGLAS P M,TOLDRÁ F.Encyclopedia of food and health[M].Amsterdam:Elsevier Ltd,2016:637-640.

[2] 朱玉琴,张日俊.0~2 周龄肉用仔鸡日粮中锰需要量的研究[J].动物营养学报,1997,3(3):13-22.

[3] AKSU D S,AKSU T,QZSOY B.The effects of lower supplementation levels of organically complexed minerals (zinc,copper and manganese) versus inorganic forms on hematological and biochemical parameters in broilers[J].Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi,2010,16(4):553-559.

[4] FREELAND-GRAVES J,LLANES C.Models to study manganese deficiency[M]//KLIMIS-TAVANTZIS D J.Manganese in health and disease.Boca Raton,FL:CRC Press,1994:115-120.

[5] KEEN C L,ENSUNSA J L,WATSON M H,et al.Nutritional aspects of manganese from experimental studies[J].Neurotoxicology,1999,20:213-223.

[6] LU L,JI C,LUO X G,et al.The effect of supplemental manganese in broiler diets on abdominal fat deposition and meat quality[J].Animal Feed Science and Technology,2006,129(1/2):9-59.

[7] LU L,JI C,LUO X G,et al.The effect of supplemental manganese in broiler diets on abdominal fat deposition and meat quality[J].Animal Feed Science and Technology,2006,129(1/2):49-59.

[8] DE BLAS C,MATEOS G.The nutrition of the rabbit[M].New York:CABI Publishing,1998:297-308.

[9] DE BLAS C,WISEMAN J.Nutrition of the rabbit[M].2nd ed.New York:LCABI Publishing,2010:333-342.

[10] SANDS J S,SMITH M O.Broilers in heat stress conditions:effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation[J].Journal of Applied Poultry Science,1999,8(3):280-287.

[11] 沈同,王镜岩,赵邦悌,等.生物化学[M].2 版.北京:高等教育出版社,1990:151-167.

[12] 熊文中,杨凤,周安国.猪重组生长激素对不同杂交肥育猪脂肪代谢调控的研究[J].畜牧兽医学报,2001,32(1):1-4.

[13] MUKHERJEE S,KATIYAR S S.Nature of O-phthalaldehyde reaction with pigeon liver fatty acid synthetase[J].Indian Journal of Biochemistry & Biophysics,1999,36(2):63-68.

[14] 张光磊,冯金曼,崔明勋,等.乙酰辅酶 A 羧化酶抑制剂对肥胖小鼠的减肥效果[J].畜牧与饲料科学,2012,33(7):10-13.

[15] 李亮,程彦伟.乙酰辅酶 A 羧化酶在治疗肥胖中的潜在作用[J].生命的化学,2007,27(2):180-182.

[16] ABU-ELHEIGA L,MATZUK M M,ABO-HASHEMA K A H,et al.Continuous fatty acid oxidation and reduced fat storage in mice lacking acetyl-CoA carboxylase 2[J].Science,2001,291(5513):2613-2616.

[17] BRITTON C H,MACKEY D W,ESSER V,et al.Fine chromosome mapping of the genes for human liver and muscle carnitine palmitoyltransferase Ⅰ (CPT1A and CPT1B)[J].Genomics,1997,40(1):209-211.

[18] DEBERARDINIS R J,LUM J J,THOMPSON C B.Phosphatidylinositol 3-kinase-dependent modulation of carnitine palmitoyltransferase 1A expression regulates lipid metabolism during hematopoietic cell growth[J].Journal of Biological Chemistry,2006,281(49):37372-37380.

[19] KRAEMER F B,SHEN W J.Hormone-sensitive lipase knockouts[J].Nutrition & Metabolism,2006,3:12.

[20] SATO K,AKIBA Y,CHIDA Y,et al.Lipoprotein hydrolysis and fat accumulation in chicken adipose tissues are reduced by chronic administration of lipoprotein lipase monoclonal antibodies[J].Poultry Science,1999,78(9):1286-1291.

[21] DUGAIL I, QUIGNARD-BOULANGE A, BRIGANT L, et al. Increased lipoprotein lipase content in the adipose tissue of suckling and weaning obese zucker rats [J]. The Biochemical Journal, 1988, 249(1): 45-49.
[22] FEIGE J N, GELMAN L, MICHALIK L, et al. From molecular action to physiological outputs: peroxisome proliferator-activated receptors are nuclear receptors at the crossroads of key cellular functions[J]. Progress in Lipid Research, 2006, 45(2): 120-159.
[23] 张玥,姜宁,苏丽,等.PPARα 与运动改善脂质代谢的关系[J].中国康复淤血杂志,2008,23(6):495-498,504.
[24] 丁萍萍,张陆勇.过氧化物酶体增殖物激活受体 α 在脂质代谢中的作用研究进展[J].临床合理用药,2019,12(4):177-179.

Effects of Dietary Manganese on Fat Deposition and Lipid Metabolism of Fat Tissue in 3 to 4-Month-Old Rex Rabbits

CHEN Xiaoyang[1,2]　YANG Gouyu[1,2]　LI Fan[1,2]　ZHANG Bin[1,2]　LI Chenyang[1,2]　LI Fuchang[1,2*]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Shandong Agricultural University*, *Tai'an* 271018, *China*; 2. *Shandong Provincial Key Laboratory of Animal Biotechnology and Disease Control and Prevention*, *Tai'an* 271018, *China*)

Abstract: The experiment was conducted to investigate the effects of dietary manganese on lipid metabolism of fat tissue in growing Rex rabbits. Two hundred 3-month-old health Rex rabbits with similar body weight and good health were randomly divided into 5 groups with 40 replicates in each group and 1 rabbit in each replicate. Rabbits in 5 groups were fed a basal diet containing 0 (control), 5, 10, 20 and 40 mg/kg manganese (in the form of manganese sulfate), respectively. The trial lasted for 7 days for adaptation, and 29 days for test. The results showed as follows: 1) compared with the control group, the addition of 10 to 20 mg/kg manganese significantly reduced the scapular fat deposition rate ($P<0.05$), and the addition of 5 to 40 mg/kg manganese significantly reduced the perigastric fat deposition rate ($P<0.05$). The level of manganese in the diet had no effect on the perirenal fat deposition rate ($P>0.05$). 2) The levels of manganese added to the diet had no significant effects on the expression levels of carnitine fatty acyltransferase 2 (*CPT*2), hormone sensitive lipase (*HSL*) and peroxisome proliferator-activated receptor beta (*PPARβ*) genes ($P>0.05$). Compared with the control group, the addition of 20 to 40 mg/kg manganese significantly reduced the expression level of fatty acid synthase (*FAS*) gene ($P<0.05$); the addition of 20 to 40 mg/kg manganese significantly reduced the expression of acetyl-CoA carboxylase (*ACC*) gene ($P<0.05$); the addition of 10 to 40 mg/kg manganese in the diet significantly increased the expression of carnitine fatty acyltransferase 1 (*CPT*1) gene ($P<0.05$); the addition of 10 to 20 mg/kg manganese in the diet significantly increased the expression of peroxisome proliferator-activated receptor alpha (*PPARα*) gene ($P<0.05$). From what has been discussed above, addition of manganese affects fat deposition and fat metabolism of Rex rabbits. When the level of manganese addition is 20 mg/kg, it can effectively promote the oxidation and decomposition of fat in fat tissue, inhibit fat synthesis in fat tissue, and reduce the deposition rate of body fat. [***Chinese Journal of Animal Nutrition***, **2020**, **32**(**4**): **1836-1841**]

Key words: manganese; Rex rabbits; fat; fat metabolism; genetic expression

* Corresponding author, professor, E-mail: chlf@sdau.edu.cn

(责任编辑　陈　鑫)