

张志鹏,王 会,阎 华,等. 致病性荧光假单胞菌 FK-1 的分离鉴定及其感染草鱼后免疫因子的变化研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(19): 190-194.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.051

# 致病性荧光假单胞菌 FK-1 的分离鉴定及其感染草鱼后免疫因子的变化研究

张志鹏<sup>1</sup>, 王 会<sup>2</sup>, 阎 华<sup>1</sup>, 黄升谋<sup>1</sup>, 李云捷<sup>1</sup>, 吴进菊<sup>1</sup>, 于 博<sup>1</sup>, 李玉奇<sup>1</sup>

(1. 湖北文理学院化学工程与食品科学学院,湖北襄阳 441053; 2. 湖北省襄阳市中心医院,湖北襄阳 441053)

**摘要:**对具有典型病症的染病草鱼进行了病原菌分离鉴定。从其肝脏中分离得到病原菌菌株 FK-1,经 VITEK-32 全自动细菌鉴定仪鉴定为荧光假单胞菌。同时,研究了荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼对草鱼机体免疫因子的影响,通过腹腔注射荧光假单胞菌 FK-1,在侵染后不同时间点取草鱼的血液和肝脏组织,分别采用分光光度计法和 ICP-AES 法检测血清和肝脏中的铁元素含量,同时采用实时荧光定量 PCR 法对铁调素基因(*hepc*)、白细胞介素基因(*il-6*)、JAK/STAT 信号通路的蛋白质酪氨酸激酶 3 基因(*jak3*)、信号转导和转录激活因子 3 基因(*stat3*)等基因表达量进行检测。结果表明,荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后,草鱼机体血清中铁元素浓度明显降低,在 24、48 h 时显著低于对照组,总铁结合力有所上升,但没有达到显著水平;肝脏中铁元素含量相对于对照组没有达到显著性差异水平,但仍有明显升高。肝脏中 *hepc* 基因的表达量显著上升;*il-6* *jak3* 和 *stat3* 基因表达量开始均明显上调,随后上升不明显,但各时间点的表达量均高于对照。表明草鱼机体通过调节铁调素基因(*hepc*)等铁元素相关基因的表达,进而降低自身游离铁元素和增加储存铁元素来应对荧光假单胞菌 FK-1 的侵染。

**关键词:**荧光假单胞菌;草鱼;*hepc* 基因;*jak3* 基因;*stat3* 基因

**中图分类号:** S941.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0190-04

草鱼属鲤形目鲤科雅罗鱼亚科草鱼属,栖息于平原地区的江河湖泊,一般喜居于水的中下层和近岸多水草区域,性活泼,游泳迅速,常成群觅食,为典型的草食性鱼类。草鱼幼鱼期择食幼虫、藻类等,草鱼也吃一些荤食,如蚯蚓、蜻蜓等。在干流或湖泊的深水处越冬,生殖季节亲鱼有溯游习性,因其生长迅速,饲料来源广,是中国淡水养殖的四大家鱼之一,分布于中国各大水系,肉味美、鱼胆有毒。由于草鱼的高密度养殖,高蛋白饲料投喂易造成水环境恶化,同时许多养殖场忽视了防病措施,传染性疾病日趋严重,发病率高达 70% 以上,造成了极大的经济损失。近期广东地区一些养殖场暴发草鱼疾病,其体表出现溃疡,严重者口鼻充血、流血,解剖后内脏肝、脾、肾肿大。经过细菌分离鉴定是荧光假单胞菌的大量感染,荧光假单胞菌分类学上属于细菌域、变形菌门、 $\gamma$ -变形菌纲、假单胞菌目、假单胞菌科的假单胞菌属。细胞为直的杆菌,不产芽孢,革兰氏染色阴性,有数根极生鞭毛,运动;需氧,进行严格的呼吸型代谢,以氧为最终电子受体,能以硝酸盐为替代的电子受体进行厌氧呼吸;化能营养异养,不需要有机生

长因子;氧化酶阳性,接触酶阳性。能利用葡萄糖和果糖,有些菌株能从蔗糖合成果聚糖<sup>[1]</sup>。广泛分布于自然界,如土壤、水、植物及动物活动环境中。草鱼血液中铁元素参与诸多代谢途径,也是免疫系统发挥作用的重要因子,可影响巨噬细胞的杀菌功能以及免疫细胞的增殖和活性。同时,铁元素也是病原微生物和宿主相互竞争的对象,机体可以通过调节铁元素相关基因,一定程度上抑制病原微生物的侵害。*Hepcidin* 基因(*hepc*)是一种主要由肝细胞产生的防御性抗菌肽,属于防御素蛋白家族,具有抑菌活性,同时也是机体铁元素代谢的关键调节因子,对维持铁元素平衡具有重要作用,俗称铁调素<sup>[2]</sup>。白细胞介素 6(*il-6*)炎症因子能强烈地刺激铁调素的表达,而 *il-6* 炎症因子是通过刺激 JAK/STAT(蛋白酪氨酸激酶/信号转导和转录激活子)信号通路调节铁调素表达<sup>[3]</sup>。本试验通过草鱼源荧光假单胞菌 FK-1 的分离鉴定,进而检测侵染荧光假单胞菌 FK-1 后对草鱼铁元素代谢水平和肝脏中 *hepc*、*il-6* *jak3* 和 *stat3* 基因表达量变化趋势,研究荧光假单胞菌 FK-1 侵染和机体铁元素代谢之间的相互作用,为进一步研究铁元素相关基因在受感染草鱼应对细菌侵染中的作用提供科学研究基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 染病草鱼采集与病原菌的分离

2016 年 8 月,广东省佛山市顺德区大良镇某渔场草鱼暴发疾病,出现大量死鱼。人工收集染病草鱼,肉眼观察这些死鱼患典型败血症,其主要症状为口鼻充血、出血,鱼鳞片出现脱落、有血丝。将死鱼低温冷藏运回广东省农业科学院动物

收稿日期:2017-04-27

基金项目:湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(编号:T201616);湖北省襄阳市科学研究开发课题(食品加工高新技术平台建设项目);湖北文理学院食品新型工业化学学科群建设项目。

作者简介:张志鹏(1995—),男,湖北襄阳人,主要从事生物科学研究。E-mail:13530823443@139.com。

通信作者:阎 华,硕士,讲师,主要从事生物科学研究。E-mail:18759128139@139.com。

科学研究所水产实验室,解剖后可见死鱼肝脏肿大、点状出血、肾脏和肠道充血。在无菌条件下,从染病草鱼的肝、肾、皮肤、血液取样,营养琼脂平板划线分离,30 ℃ 培养 24 h,挑取单菌落纯化培养,菌株低温保存备用。

1.2 细菌鉴定

经细菌形状、革兰氏染色和氧化酶检测,采用法国梅里埃生物公司革兰氏阴性或阳性鉴定试剂条,VITEK-32 全自动细菌鉴定仪鉴定<sup>[4]</sup>。

1.3 试验用健康草鱼

试验用健康草鱼,购自广东省农业科学院水产养殖基地,选取外观健康、大小基本一致的草鱼幼鱼,鱼体质量为(200±5) g、体长为(25±1) cm。将试验鱼随机分为 2 个处理组:试验组 and 对照组,每个处理组设 3 个平行,每个平行组 50 尾鱼,共 300 尾。

1.4 荧光假单胞菌 FK-1 侵染和样品采集

根据前期试验,确定荧光假单胞菌 FK-1 侵染的最适菌悬液浓度为 1.0×10<sup>7</sup> CFU/mL。将 30 ℃ 恒温过夜培养的荧光假单胞菌 FK-1 用 0.65% 无菌生理盐水洗脱,稀释成 1.0×10<sup>7</sup> CFU/mL 的菌悬液,采用腹腔注射法,注射前试验鱼用 200 mg/L 乙醇轻度麻醉,试验组每尾注射 0.1 mL 的菌悬液,对照组注射等量的无菌生理盐水。注射后 6、12、24、48、72、84、96 h 分别采集试验组和对照组鱼的肝脏和机体,每个时间点每个平行取 3 尾鱼,将一次性 1 mL 注射器用肝素钠(1 000 IU/mL)润洗,从鱼体尾静脉取血 0.5~0.8 mL。采血后立即解剖,取出肝脏组织置于液氮中,之后于-80 ℃ 保存,用于后面的肝脏铁含量和基因表达测定。

1.5 血清铁浓度、总铁结合力的测定

血清样品制备:采取的血液于 40 ℃ 静置 2 h 左右,以 4 000 r/min 离心 10 min 后收集上层血清,-20 ℃ 冰箱过夜,次日血清解冻后再次低速度离心,4 000 r/min 离心 10 min,吸取上层液-80 ℃ 保存备用。

血清铁浓度及总铁结合力(mg/L)的测定使用血清铁、总铁结合力试剂盒(深圳市红瑞生物工程有限公司)。血清铁

浓度的检测原理为,在酸性溶液和还原剂的作用下,使转铁蛋白中铁与蛋白分离,使血清中高铁还原成亚铁,后者与双吡啶结合成粉红色的络合物,在一定范围内,铁离子的浓度与吸光度成正比。总铁结合力的检测原理为<sup>[4]</sup>,血清内加入过量的铁,使血清中转铁蛋白全部与铁结合,再加入铁吸附剂将多余的铁吸附掉。然后依据血清铁检测方法测定铁含量,即总铁结合力。测定步骤具体参照试剂盒说明书,利用紫外分光光度计(TU-1900,北京普析通用仪器有限公司)测定,每一样品重复检测 3 次。

1.6 肝脏铁浓度的测定

采用电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)检测肝脏铁含量<sup>[5]</sup>,步骤如下:将肝脏样品解冻后,用冷生理盐水冲洗干净并用滤纸吸干后称质量,粉碎均匀后置于瓷坩锅中,在电炉上炭化完全,无烟为止,置于马弗炉内,经 600 ℃ 灼烧 5 h,直至试样呈白色或者灰白色、无炭粒为止。冷却后取出,用 1:1 的硝酸 5 mL 溶解,电炉上加热直至沸腾为止,过滤至 50 mL 容量瓶,并用双蒸水反复洗涤坩埚和滤纸,洗涤液并入容量瓶中,然后用双蒸水定容,混匀,作为试样溶液。同时配制试剂空白液。采用 ICP-AES 仪(ICP-3600,上海精密科学仪器有限公司)测定,每一样品重复检测 3 次。

1.7 肝脏铁代谢相关基因表达特征分析

根据草鱼 *hepc* 基因 cDNA 序列(FC398254)、*il-6* 基因 cDNA 序列(KL734254)、*jak3* 基因 cDNA 序列(LQ543282)、草鱼 *stat3* 基因 cDNA 序列(NM916923)设计引物(表 2)<sup>[6-8]</sup>。采用 RNAiso(大连宝生物工程有限公司)提取肝脏总 RNA,反转录成 cDNA,根据说明书在实时定量仪(T-100,美国伯乐仪器有限公司)上进行实时荧光定量 PCR。目的基因在肝脏中的相对表达量采用 2 分对照法确定,选择草鱼 18S rRNA 基因作为内参(BF264255)<sup>[9]</sup>。实时荧光定量 PCR 反应体系:0.4 μL 上下游引物,2.0 μL cDNA 模板,7.2 μL ddH<sub>2</sub>O,总体积 20 μL。反应条件为:95 ℃ 预变性 1 min;95 ℃ 变性 5 s,60 ℃ 退火 20 s,72℃ 延伸 20 s,35 个循环,溶解曲线温度从 52 ℃ 至 99℃,每一样品重复检测 3 次。

表 2 草鱼铁代谢相关基因荧光定量 PCR 引物序列

基因名称	引物序列 (5'→3')	退火温度 (℃)	预计扩增片段长度 (bp)
FK-1- <i>hepc</i>	F:GATACAGCCCTACCTTATG;R:AGTAGTCGTATCGATGCAC	59	196
FK-1- <i>il-6</i>	F:ACAGCGTAGTGTGATGCAT;R:ATCAGTCTAGTGTAGCATC	58	174
FK-1- <i>jak3</i>	F:GTTTCATGCTGAGCTGCAAG;R:CCAGAGGGTTCTGATCTAC	60	168
FK-1- <i>stat3</i>	F:TGCATCACCCTGTCGTGAG;R:GCAGCTACTAGGCTGATGT	57	159
FK-1-18S rRNA	F:TGGAGGTTCGAACGATCG;R:GGCTCGGGCATTTTAGATT	59	178

1.8 数据分析

所有数据利用 SPSS 18.0 软件进行统计分析,采用 *t*-检验法进行差异显著性分析,*P*<0.05 表示差异显著<sup>[10]</sup>。所有数值均为“平均值±标准差”。

2 结果与分析

2.1 菌落特征

从染病草鱼肝脏中分离出 1 株菌株 FK-1,24 h 营养琼脂平板培养物为黄色、湿润圆形略隆起、边缘整齐,直径 2 mm 左右,革兰氏染色为阴性杆菌(图 1)。

2.2 生化反应及鉴定结果

菌株 FK-1 经纯化分离后,采用 VITEK-32 全自动微生物鉴定仪鉴定结果为荧光假单胞菌,其生理、生化特性见表 3。

2.3 荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后其血清铁浓度变化

荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后不同时间点血清中铁浓度的变化趋势见图 2。细菌侵染后不同时间点试验组草鱼的血清铁浓度与对照组相比均有不同程度降低,侵染后 24 h 和 48 h 后达到显著水平(*P*<0.05),随后血清铁浓度有所上升,但仍低于对照组。

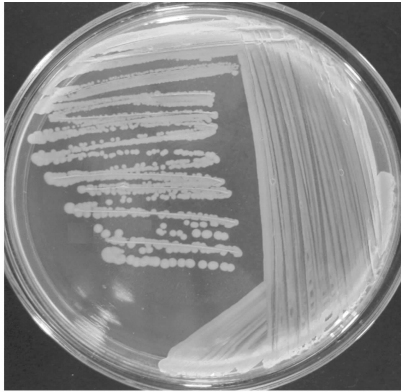


图1 染病草鱼肝脏中分离得到的细菌 FK-1 培养形态

表3 菌株 FK-1 生理生化特性

生化反应	生化特性	生化反应	生化特性
革兰染色	-	香豆酸(COU)	+
细菌形态	短杆状	精氨酸( ARG)	-
氧化酶(OXI)	+	醋硫胺( ACE)	-
三氯新(DP3)	+	色氨酸(TDA)	+
尿素( URE)	-	棉子糖( RAF)	-
麦芽糖( MLT)	+	硫化氢( H2S)	-
肌醇( INO)	+	赖氨酸( LYS)	-
阿拉伯糖( ARA)	+	七叶树素( ESC)	+
葡萄糖氧化( OFG)	+	多膝杆菌素( PXB)	-
枸橼酸( CIT)	-	山梨醇( SOR)	-
甘露醇( MAN)	-	半乳糖苷酶( ONP)	-
福寿苣醇( ADO)	+	鸟氨酸( ORN)	-
葡萄糖发酵( GLU)	+	植物尿蓝母( PLI)	+
阳性生长控制( GC)	+	乳糖( LAC)	-
丙二酸盐( MAL)	-	蔗糖( SUC)	-
木糖( XYL)	-	鼠李糖( RHA)	+

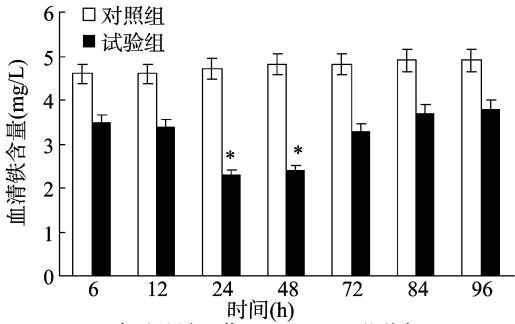


图2 荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后不同时间点血清铁浓度变化

2.4 荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后对其血清总铁结合力的变化

荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后不同时间点其血清中总铁结合力的变化趋势见图 3。试验组草鱼血液中血清的总铁结合力相对于对照组略有增加,但均未达到显著性水平。

2.5 荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后其不同时间点肝脏铁含量的变化

由图 4 可见,荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后不同时间点试验组肝脏铁含量均高于对照组,但并无显著性差异( $P>0.05$ )。

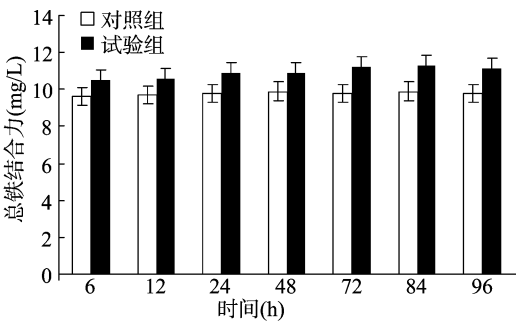


图3 荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后不同时间点血清总铁结合力的变化

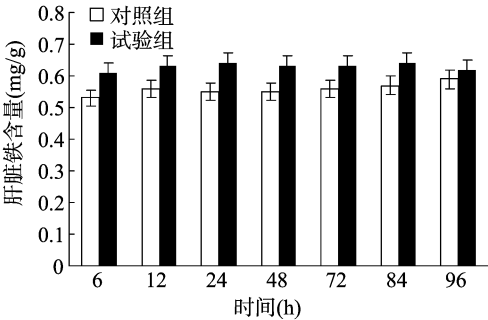


图4 荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后不同时间点肝脏铁含量的变化

2.6 荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后对其不同时间点 *hepc*、*il-6*、*jak3*、*stat3* 基因表达的影响

由图 5 可见,在注射荧光假单胞菌 FK-1 后,*hepc* 基因在不同时间点表达量相对于 0 h 明显上调,在 6、12、24 h 达到显著性差异( $P<0.05$ ),在侵染后 6 h 达到最高,随后逐渐下降。基因 *il-6* 在侵染后表达量明显上调,在 24 h 时表达量最高,随后有所下降,在 12、24、48 h 均达到了显著性差异( $P<0.05$ );基因 *jak3* 和 *stat3* 的表达量亦均有所上调,*jak3* 基因在 12 h 时表达量达到最高( $P<0.05$ ),*stat3* 基因在 6 h 时的表达量达到最高,随后逐步下降,但仍明显高于侵染前的表达水平。

3 讨论

从染病草鱼中取样进行细菌的划线分离、纯化,在营养琼脂平板上获得菌落形态完全一致、有典型致病力的菌株,将该菌株编号为 FK-1。全自动细菌鉴定仪鉴定结果为嗜温荧光假单胞菌。菌株 FK-1 人工感染草鱼试验,出现的症状与自然病例基本相同,再鉴定的菌株与接种菌株完全一致,所观察到的菌落形态也基本相符。该菌能广泛地侵袭健康草鱼肾、脾、肺、肝、肌肉和血液等器官组织,大量增殖,造成广泛性出血,全身性组织损害,各器官组织出现肿胀、颗粒变性、玻璃样变、坏死崩解以及红细胞碎裂。染病草鱼解剖后观察均可见体表出现溃疡、疤痕,严重的产生口鼻充血、流血,内脏肝、脾、肾肿大,肠道充血,严重者有腹水。

草鱼血液中铁元素是机体多种酶类合成的必需元素,参与氧气运输、细胞增殖和分化、电子转移等多种生命活动。铁元素也是需铁细菌增殖分化的必要成分,并且对致病菌毒力的强弱也会产生重要影响。细菌入侵后通过摄取宿主机体的铁元素以满足其增殖和致病力的表达。宿主通过降低机体的

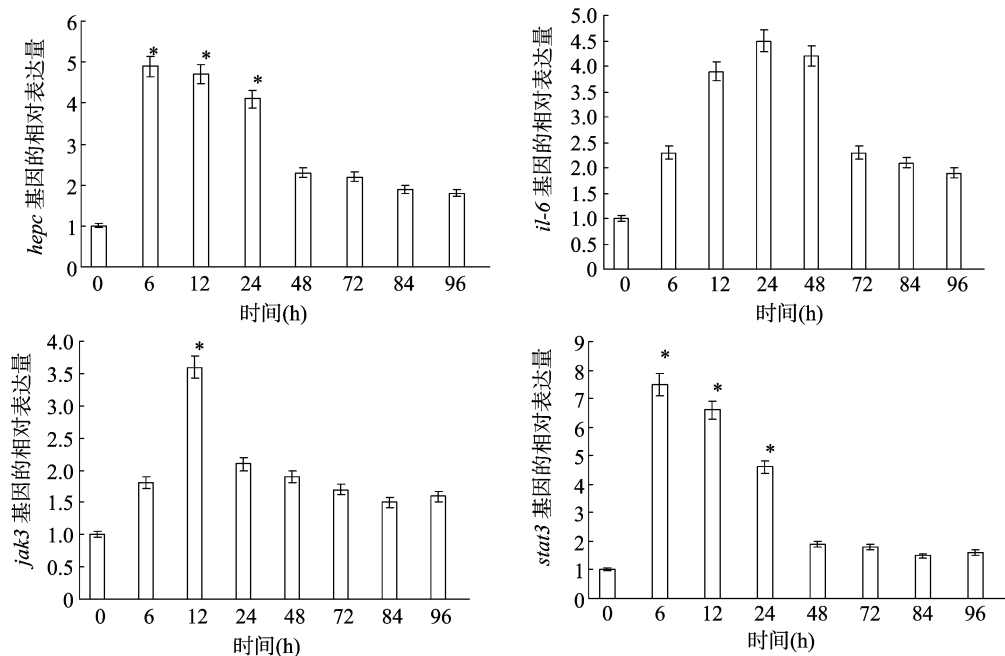


图5 荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼后不同时间点 *hepc*、*il-6*、*jak3*、*stat3* 基因表达变化

铁元素代谢水平,在一定程度上可以抑制细菌增殖并降低其致病力。本试验结果表明,草鱼感染荧光假单胞菌 FK-1 后血清铁元素含量有所下降,并在侵染后 24、48 h 达到显著性水平。肝脏铁含量在侵染后有所上升,但没有达到显著性水平。这可能与机体在侵染后通过一系列自我调节,降低机体的铁元素代谢以抑制细菌的侵害以及细菌在机体迅速增殖消耗大量铁元素有关。草鱼感染荧光假单胞菌 FK-1 后的血清总铁结合力相对于对照组有所上升,虽没有达到显著性水平,但结合细菌侵染后鱼体血清铁元素含量的变化趋势和转铁蛋白的上调,可以认为血清铁元素和转铁蛋白的比率显著下降,进一步提高了铁与转铁蛋白的结合效率,有利于抑制荧光假单胞菌 FK-1 从机体摄取铁元素的能力。

本试验中所检测的草鱼肝脏 *hepc*、*il-6*、*jak3* 和 *stat3* 基因在荧光假单胞菌 FK-1 侵染后 6、12 h 都有不同程度的显著上调,表明这些基因都参与了鱼体的非特异性免疫反应,同时这些基因也不同程度地参与了细菌侵染后的铁元素相关基因调节。*hepc* 基因主要在肝脏中合成和分泌,可以抑制肠道铁元素的吸收和肝脏铁元素的释放以降低机体的铁元素相关基因水平,是机体调节铁相关基因的关键因素。前人研究证实,大菱鲆在感染细菌荧光假单胞菌 FK-1 后,肝、脾、鳃等组织中 *hepc* 基因的表达量均显著增高。感染链球菌后,鲈鱼肝细胞 *hepc* mRNA 水平在数小时内明显上调。鲫鱼肝脏中 *hepc* 基因表达量在感染鳃裂链球菌后显著上升<sup>[11-12]</sup>。本试验中,*hepc* 基因在侵染后不同时间点的表达量均有所上升,并在 12、24 h 达显著差异。草鱼机体受荧光假单胞菌侵害时,巨噬细胞等免疫细胞会合成和分泌大量的炎症因子,其中主要为白细胞介素 6 (*il-6*),炎症反应可通过一系列生化过程调节 *hepc* 基因的表达,进而影响机体铁元素相关基因水平。*il-6* 和受体结合后可激活 *jak3* 基因,进而磷酸化 *stat3*,进入细胞核,调节 *hepc* 基因的转录,促进 *hepc* 基因的表达。本试验中,在草鱼感染荧光假单胞菌 FK-1 后各时间点草鱼

肝脏中 *il-6* 的表达量均有所上升,在 24 h 达到最高,随后有所下降,但仍明显高于 0 h 的表达量。基因 *jak3* 和 *stat3* 的表达量也均有所上调,分别在 6、12 h 达到最高,随后有所下降,可以推测,当荧光假单胞菌 FK-1 侵染草鱼时,引起机体发生炎症反应,在 *il-6* 基因和 JAK/STAT 通路相关基因的影响下,*hepc* 基因的表达量上升,进而下调机体的循环铁元素浓度,以应对细菌的侵害。

#### 参考文献:

- [1] Blanco A G, Canals A, Bernués J, et al. The structure of a transcription activation subcomplex reveals how  $\sigma(70)$  is recruited to PhoB promoters [J]. The EMBO Journal, 2011, 30 (18): 3776 - 3785.
- [2] Lubin E A, Henry J T, Fiebig A, et al. Identification of the PhoB regulon and role of PhoU in the phosphate starvation response of *Caulobacter crescentus* [J]. Journal of Bacteriology, 2016, 198 (1): 187 - 200.
- [3] Du X, Li Y, Zhou Q, et al. Regulation of gene expression in *Pseudomonas aeruginosa* M18 by phenazine - 1 - carboxylic acid [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2015, 99 (2): 813 - 825.
- [4] Gu Q Q, Fu L L, Wang Y B, et al. Identification and characterization of extracellular cyclic dipeptides as Quorum - Sensing signal molecules from *Shewanella baltica*, the specific spoilage organism of *Pseudosciaena crocea* during 4 degrees C storage [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61 (47): 11645 - 11652.
- [5] Axel C, Zannini E, Arendt E K, et al. Quantification of cyclic dipeptides from cultures of *Lactobacillus brevis* R<sup>2</sup>Δ by HRGC/MS using stable isotope dilution assay [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2014, 406 (9/10): 2433 - 2444.
- [6] Brack C, Mikolasch A, Schauer F. 2,5 - Diketopiperazines produced by *Bacillus pumilus* during bacteriolysis of *Arthrobacter citreus* [J]. Marine Biotechnology, 2014, 16 (4): 385 - 395.
- [7] 黄旭镇,朱军莉,赵二科,等. LC - MS/MS检测水产品源致病菌

张 茂,孙艳发,许卫华,等. 胎次、分娩季节、品种和杂交方式对母猪繁殖性能的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):194-197.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.052

# 胎次、分娩季节、品种和杂交方式 对母猪繁殖性能的影响

张 茂,孙艳发,许卫华,黄其春,李 焰,李虹仪

(龙岩学院生命科学学院动物营养科研创新团队/福建省预防兽医学与兽医生物技术重点实验室,福建龙岩 364012)

**摘要:**通过对福建某规模化猪场母猪 21 185 窝繁殖记录进行整理,研究胎次、分娩季节、品种及杂交方式对母猪繁殖性能的影响。结果表明,第 1 胎母猪的窝产仔数、活仔数、健仔数、初生窝质量、初生均质量显著低于其他胎次 ( $P < 0.05$ ),第 4 胎母猪最高,第 3~6 胎繁殖性能较好;母猪窝产仔数、活仔数、健仔数、初生窝质量在春季最优,显著高于其他季节 ( $P < 0.05$ ),秋季母猪繁殖性能最低;二元母猪的繁殖性能最高,杜洛克母猪繁殖性能最低,长白母猪的初生均质量显著低于其他品种 ( $P < 0.05$ );三元杂交及大白纯繁的繁殖性能较好,杜洛克纯繁及大白 × 杜洛克的繁殖性能较差。猪场应优化母猪胎次,高温季节做好降温及避免采用繁殖性能不高的杂交组合。

**关键词:**母猪;胎次;分娩季节;品种;杂交方式;繁殖性能

**中图分类号:** S828.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0194-04

工厂化养猪的一个主要任务是确保全年生产的连续性和稳定性<sup>[1]</sup>,母猪的年生产力是衡量猪场生产水平的重要指标<sup>[2]</sup>。母猪繁殖性能包括产仔数、初生质量、初生窝质量、断奶质量、初产日龄和产仔间隔等,养猪生产中,母猪繁殖性能的高低直接影响养猪生产的经济效益<sup>[3]</sup>。影响母猪繁殖性能的因素有遗传因素和环境因素<sup>[4]</sup>,母猪的繁殖性能属于低遗传力的性状,受遗传因素影响较小<sup>[5-6]</sup>,在很大程度上受环境因素的影响,如品种、产仔胎次、产仔季节、杂交方式等。我国母猪的繁殖力与世界养猪发达国家的差距还是很大<sup>[7]</sup>,养猪生产者和研究人员一直致力于如何提高母猪的繁殖性能。本研究收集了福建某规模化猪场 2011 年 7 月至 2015 年 1 月全场母猪的繁殖记录,分析母猪不同胎次、分娩季节、品种及不同杂交组合对母猪总产仔数、活仔数、健仔数、初生窝质量及初生均质量的影响,找出繁殖性能低的原因,有助于在生产

实践中有针对性地去改进管理方法、改善饲养环境,为猪场更加合理有效地安排生产提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

数据来源于福建某规模化猪场 2011 年 7 月至 2015 年 1 月母猪 21 185 窝繁殖记录,其中杜洛克母猪(DD)1 023 窝、长白母猪(LL)1 853 窝、大白母猪(Y)5 412 窝、二元母猪(LY 和 YL)12 897 窝。繁殖记录包括总产仔数、产活仔数、健仔数、初生窝质量、初生均质量,出生后 2 d 进行活仔称质量,初生窝质量是全部活仔体质量之和,初生均质量为同窝活仔个体平均质量。

### 1.2 饲养管理

该场采用集约化饲养管理模式,设有后备舍、公猪站、配怀舍、分娩舍、保育舍和育肥舍。后备舍和公猪站为封闭式猪舍,采用水帘、风机降温,其他栏舍均为多列式开放式猪舍。后备母猪全部来自于该猪场内部,全场母猪采用人工授精方式进行配种。配种母猪、妊娠母猪采用限位栏饲养,公猪单栏饲养。配种舍采用空怀母猪料,妊娠舍采用怀孕料,分娩舍采用哺乳料,所有猪舍均采用人工饲喂,哺乳母猪在分娩后平均 25 d 转入配种舍,分娩前 5 d 转入分娩舍,自由饮水。

收稿日期:2017-05-09

基金项目:龙岩学院百名青年教师攀登项目(编号:LQ2014008);福建省中青年教育科研项目(编号:A15500)。

作者简介:张 茂(1985—),男,云南大理人,硕士,讲师,研究方向为动物遗传育种研究。E-mail:zm18email@163.com。

通信作者:李虹仪,博士,讲师,研究方向为动物营养与饲料。E-mail:Politician\_137@163.com。

和腐败菌群体感应 AHLs 信号分子[J]. 水产学报,2014,38(7):1040-1046.

[8] 赵二科,朱军莉,冯立芳,等. 冷藏大黄鱼 SSO 希瓦氏菌致腐能力差异机制初探[J]. 水产学报,2015,39(2):256-264.

[9] Ortori C A, Dubern J F, Chhabra S R, et al. Simultaneous quantitative profiling of *N*-acyl-L-homoserine lactone and 2-alkyl-4(1H)-quinolone families of quorum-sensing signaling molecules using LC-MS/MS[J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2011, 399(2): 839-850.

[10] 葛宜和,黄显清,张雪洪,等. 假单胞菌 M18 调控因子 GacA 与 RsmA 的相关性及对抗生物物质合成代谢调控机制的分析[J]. 微生物学报,2015,46(4):531-536.

[11] Shemesh M, Tam A, Steinberg D. Differential gene expression profiling of *Streptococcus mutans* cultured under biofilm and planktonic conditions[J]. Microbiology, 2007, 153(Pt 5):1307-1317.

[12] 王 正,吴玲玉,刘玉洁,等. 假单胞菌 H78 中 PhoR/B 系统对磷元素吸收及其蒽黄绿菌素合成的调控[J]. 微生物学通报,2016,43(9):1881-1886.