

## 2 种芽孢杆菌对克氏原螯虾幼虾生长的影响

陈玉玲<sup>1</sup>, 李志愿<sup>1</sup>, 李小平<sup>2</sup>, 王洪斌<sup>1</sup>, 王淑芳<sup>1\*</sup>

(1. 江苏海洋大学海洋科学与水产学院, 江苏连云港 222005; 2. 江苏省泗洪县大楼街道农业经济技术服务中心, 江苏泗洪 223900)

**摘要** 采用不同浓度的解淀粉芽孢杆菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) SS-42 和地衣芽孢杆菌 (*Bacillus licheniformis*) 10-2 发酵液饲喂经驯化的克氏原螯虾 (*Procambarus clarkii*), 通过观察计算克氏原螯虾幼虾的存活率、残肢率和体重增长率, 研究 2 种芽孢杆菌对克氏原螯虾幼虾生长的影响。结果发现, 各饲喂量芽孢杆菌处理组死亡率和残肢率与对照组均无显著差异, SS-42 饲喂量为  $10^5$  CFU/(尾·d) 时各项生长指标表现最佳, 体重增长率为 (29.44±1.26)%; 相同饲喂量条件下, 饲喂 SS-42 菌株处理组克氏原螯虾的平均体重增长率显著高于饲喂 10-2 菌株的处理组 ( $P < 0.05$ )。由此可见, 无明显胁迫条件下, 连续饲喂芽孢杆菌对克氏原螯虾幼虾生长情况总体上有显著提高作用, 解淀粉芽孢杆菌的提高效果明显高于地衣芽孢杆菌。该试验结果可为应用芽孢杆菌生产克氏原螯虾发酵饲料奠定基础。

**关键词** 克氏原螯虾; 解淀粉芽孢杆菌; 地衣芽孢杆菌; 生长

**中图分类号** S917.4 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2022)17-0079-04

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.17.020



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Two Species of *Bacillus* on the Growth of *Procambarus clarkii* Juvenile

CHEN Yu-ling<sup>1</sup>, LI Zhi-yuan<sup>1</sup>, LI Xiao-ping<sup>2</sup> et al (1. College of Marine Science and Fisheries, Jiangsu Ocean University, Lianyungang, Jiangsu 222005; 2. Agricultural Economic and Technological Service Center, Dalou District, Sihong County, Sihong, Jiangsu 223900)

**Abstract** *Procambarus clarkii* after domestication were fed with different concentrations of *Bacillus amyloliquefaciens* SS-42 and *Bacillus licheniformis* 10-2 solution. The survival rate, stump rate and growth rate of body weight of *P. clarkii* juvenile were observed and calculated to study the effects of two species of *Bacillus* on the growth of *P. clarkii* juvenile were studied. The results showed that the mortality rate and stump rate had no significant difference between different treatment groups of *Bacillus* with different feeding amount and control group. When the daily feeding amount of strain SS-42 was  $10^5$  CFU/tail, the growth indices were the best, the growth rate of body weight was (29.44±1.26)%. At the same feeding amount, the average growth rate of body weight in the treatment groups with feeding with SS-42 strain was significantly higher than that in the treatment groups with feeding with 10-2 strain ( $P < 0.05$ ). Therefore, under no obvious stress conditions, continuous feeding of *Bacillus* had significant increasing effects on the growth of *P. clarkii* juvenile, the increasing effects of *B. amyloliquefaciens* were significantly higher than that of *B. licheniformis*. The test results could lay the foundation for producing the fermented feed of *P. clarkii* with *Bacillus*.

**Key words** *Procambarus clarkii*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus licheniformis*; Growth

随着国民生活水平的不断提高,对食品安全的要求也愈发严格。在水产品养殖安全的源头——饲料环节,微生物发酵饲料作为一种新型的生态健康型饲料,具有十分广阔的前景。2021年克氏原螯虾 (*Procambarus clarkii*) 产值超过 4 000 亿元,其新型健康养殖尚处于初级阶段<sup>[1]</sup>。利用有益菌发酵饲料,改善饲料品质,提高饲料利用率,是目前研究的重要课题。王天神<sup>[2]</sup>研究表明饲料中添加 25%~35% 的益生菌可以提高克氏原螯虾的生长性能;生物发酵饲料中的益生菌能够优化肠道中的微生物菌群,提高消化酶活性,提高饲料利用率,促进营养物质吸收,增强克氏原螯虾的特异性免疫和抗病能力。徐增洪等<sup>[3]</sup>研究发现生物饲料对克氏原螯虾的生长和性腺成熟发育有显著影响 ( $P < 0.05$ ),表明生物饲料对克氏原螯虾等水产动物养殖有较好的饲喂效果,它同时具有加快虾蟹生长速度和改善商品虾蟹品质的作用。地衣芽孢杆菌和解淀粉芽孢杆菌是发酵饲料中常用的微生物,对水产动物生长具有巨大的发展潜力<sup>[4]</sup>。笔者用解淀粉芽孢杆菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) SS-42 和地衣芽孢杆菌 (*Bacillus licheniformis*) 10-2 作为试验菌株,以不同菌浓度混合饲料饲

喂克氏原螯虾幼虾,通过测定生长状况比较不同饲喂量不同菌株对克氏原螯虾生长的影响,以期微生物发酵饲料在克氏原螯虾养殖中的应用奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 试验动物。**克氏原螯虾购自赣榆某养殖场;试验所用饲料为某公司生产的膨化颗粒饲料。

**1.1.2 试验菌株。**解淀粉芽孢杆菌:SS-42 菌株,从连云港紫菜养殖场养殖的紫菜中分离,由江苏海洋大学微生物实验室分离、纯化和保存。地衣芽孢杆菌:10-2 菌株,从连云港紫菜养殖场养殖的紫菜中分离,由江苏海洋大学微生物实验室分离、纯化和保存。

### 1.2 方法

**1.2.1 菌种活化、摇床培养与稀释。**用固体培养基活化 SS-42 和 10-2 菌株,在 2216E 固体培养基平板上三区划线后于 28 °C 下培养活化。次日取单菌落转种于 50 mL 液体培养基中,30 °C、200 r/min 振荡培养 18 h,使用血球计数板计数,梯度稀释至浓度  $10^3$ 、 $10^5$ 、 $10^7$  CFU/mL,待用。

**1.2.2 试验处理设计。**试验设置解淀粉芽孢杆菌 SS-42 和地衣芽孢杆菌 10-2 的 3 个浓度梯度 [ $10^3$ 、 $10^5$ 、 $10^7$  CFU/(尾·d)] 的处理组,3 个解淀粉芽孢杆菌处理组为 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>,3 个地衣芽孢杆菌处理组为 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>,每个浓度梯度重复 3 次,另外设置 1 个空白对照组 (CK),共 21 个处

**基金项目** 江苏省苏北科技专项 (SZ-ZQ2019037);连云港市“521 高层次人才工程”项目。

**作者简介** 陈玉玲 (1997—),女,江苏盐城人,硕士研究生,研究方向:微生物发酵饲料。\*通信作者,副教授,博士,硕士生导师,从事海洋微生物及其应用研究。

**收稿日期** 2021-09-03

理。将不同浓度的菌液与饲料混合后投喂到相应养殖箱中,饲养期间每天统计死亡和出现残肢的克氏原螯虾数量,饲养结束后计算总死亡率、总残肢率和体重增长率等指标。

**1.2.3 养殖管理。**试验虾饲养在无毒塑料养殖箱(63 cm×53 cm×30 cm)中。水深5 cm,用增氧泵不间断充气。养殖用水是经过充分曝气的静置自来水,水中加入抗应激剂(0.003 g/mL)帮助适应环境,加入硫代硫酸钠(0.003 g/mL)和除氯、钙剂(0.007 g/mL)促进脱壳。外罩遮光度90%的遮阳网,养殖盆中加入遮蔽物供虾躲避和休憩。

从养殖场上购买的克氏原螯虾幼虾体长为(6.21±1.52)cm,体质量为(8.35±0.15)g,体色正常、反应活跃、体型相近。需先经过驯化处理,待虾适应实验室的养殖环境后挑取其中活力较强、腹肢齐全、体色鲜亮的个体放入编好号的养殖盆中,每个养殖盆中饲养10只虾。

每天投喂2次,分别为08:00和17:00,2次投喂比例为3:7,按照虾平均体重的5%投喂饲料。饲喂前菌液与饲料充分混合,并使菌液全部吸附在饲料上。投喂3 h后使用虹吸器吸除水体中的杂质,最后向养殖箱中添加新水至水深5 cm。饲喂前,测定水质指标。

连续饲喂7 d,每天观察和记录附肢是否完整,计算死亡率和残肢率;养殖结束后对每个处理的克氏原螯虾称重,计算平均体重、体重增长率和饲料系数。

### 1.3 指标测定

**1.3.1 水质指标测定。**水质指标测定使用快速水质分析盒

(由湛江市浩洋生物科技有限公司生产),参照试剂盒说明书进行测定。

**1.3.2 生长指标测定。**每天09:00记录各处理克氏原螯虾幼虾的死亡数量和出现残肢的虾数量,计算每天的死亡率和残肢率。试验结束后,计算体重增长率。死亡率、残肢率和体重增长率的计算公式如下:

$$\text{体重增长率} = [(W_1 - W_0) / W_0] \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{死亡率} = D / Z \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{残肢率} = C / Z \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{饲料系数} = W_2 / (W_1 - W_0) \times 100\% \quad (4)$$

式中, $W_0$ 为始重, $W_1$ 为末重, $W_2$ 为饲料消耗量, $D$ 为24 h内每个处理死亡数, $C$ 为24 h内每个处理内出现附肢缺失的虾尾数, $Z$ 为每个处理投放克氏原螯虾的尾数<sup>[5]</sup>。

**1.3.3 数据统计与分析。**试验数据使用Origin 2018软件进行单因素方差分析与绘图。

## 2 结果与分析

所测水质指标都在安全范围内,氯含量为0.010~0.015 mg/L,亚硝酸盐含量为0.005~0.010 mg/L,氨氮含量为0.1~0.2 mg/L,pH为7.9~8.0,溶解氧含量为7 mg/L。

### 2.1 解淀粉芽孢杆菌 SS-42 对克氏原螯虾生长的影响

**2.1.1 解淀粉芽孢杆菌 SS-42 对克氏原螯虾死亡率的影响。**由表1可知,对照组(CK)克氏原螯虾7 d总死亡率为50.00%, $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 组7 d总死亡率均为50.00%。由此可见,SS-42各饲喂量处理组与对照组相比无显著差异( $P>0.05$ )。

表1 解淀粉芽孢杆菌对克氏原螯虾死亡率的影响

Table 1 Effects of *B. amyloliquefaciens* on the mortality rate of *P. clarkii*

组别 Group	不同时间死亡数量 Death number at different time//尾							总计 Total	总死亡率 Total mortality rate//%
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d		
CK	0	1	1	0	2	0	1	5	50.00 a
$A_1$	0	1	1	1	0	1	1	5	50.00 a
$A_2$	0	1	1	1	1	1	0	5	50.00 a
$A_3$	0	0	1	1	2	1	0	5	50.00 a

注:同列相同小写字母表示差异不显著( $P>0.05$ )

Note:The same lowercase letters in the same column indicated no significant difference( $P>0.05$ )

**2.1.2 解淀粉芽孢杆菌 SS-42 对克氏原螯虾残肢率的影响。**由表2可知,克氏原螯虾出现残肢的情况主要出现在试验前中期,对照组(CK)7 d总残肢率为30.00%, $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$

组7 d总残肢率均为30.00%。由此可见,不同饲喂量的SS-42菌株对克氏原螯虾幼虾总残肢率无显著影响( $P>0.05$ )。

表2 解淀粉芽孢杆菌对克氏原螯虾残肢率的影响

Table 2 Effects of *B. amyloliquefaciens* on the stump rate of *P. clarkii*

组别 Group	不同时间出现残肢的虾数量 Shrimp number with stump at different time//尾							总计 Total	总残肢率 Total stump rate//%
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d		
CK	0	1	0	2	0	0	0	3	30.00 a
$A_1$	1	1	1	0	0	0	0	3	30.00 a
$A_2$	1	1	0	1	0	0	0	3	30.00 a
$A_3$	0	0	1	2	0	0	0	3	30.00 a

注:同列相同小写字母表示差异不显著( $P>0.05$ )

Note:The same lowercase letters in the same column indicated no significant difference( $P>0.05$ )

**2.1.3 解淀粉芽孢杆菌 SS-42 对克氏原螯虾体重增长率和饲料系数的影响。**如表 3 所示,与对照组(CK)相比,各饲喂量 SS-42 处理组克氏原螯虾的体重增长率均显著提高( $P < 0.05$ ),对照组(CK)的体重增长率为(17.14±1.06)%, $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  组体重增长率分别为(24.13±0.67)%、(29.44±1.26)% 和(24.11±0.98)%。由此可见,当饲喂量为 $10^5$  CFU/(尾·d)克氏原螯虾的体重增长率最高。由表 3 可知,与对照组(CK)相比, $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  组饲料系数显著降低( $P < 0.05$ ),说明添加解淀粉芽孢杆菌 SS-42 后饲料转化率显著提高( $P < 0.05$ )。

## 2.2 地衣芽孢杆菌 10-2 对克氏原螯虾生长的影响

**2.2.1 地衣芽孢杆菌 10-2 对克氏原螯虾死亡率的影响。**由表 4 可知,对照组(CK)克氏原螯虾 7 d 总死亡率为 50.00%, $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  组 7 d 总死亡率均为 50.00%。由此可见,地衣芽孢杆菌 10-2 各饲喂量处理组原克氏原螯虾 7 d 总死亡率与对照组相比无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 4 地衣芽孢杆菌对克氏原螯虾死亡率的影响

Table 4 Effects of *B. licheniformis* on the mortality rate of *P. clarkii*

组别 Group	不同时间死亡数量 Death number at different time//尾							总计 Total	总死亡率 Total mortality rate//%
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d		
CK	0	1	1	0	2	0	1	5	50.00 a
$B_1$	0	1	1	0	1	1	1	5	50.00 a
$B_2$	0	0	1	1	1	1	1	5	50.00 a
$B_3$	0	1	1	1	1	1	0	5	50.00 a

注:同列相同小写字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )

Note:The same lowercase letters in the same column indicated no significant difference( $P > 0.05$ )

表 5 地衣芽孢杆菌对克氏原螯虾残肢率的影响

Table 5 Effects of *B. licheniformis* on the stump rate of *P. clarkii*

组别 Group	不同时间出现残肢虾数量 Shrimp number with stump at different time//尾							总计 Total	总残肢率 Total stump rate//%
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d		
CK	0	1	0	1	0	0	0	2	20.00 a
$B_1$	1	1	0	0	0	0	0	2	20.00 a
$B_2$	1	0	0	1	0	0	0	2	20.00 a
$B_3$	0	0	1	1	0	0	0	2	20.00 a

注:同列相同小写字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )

Note:The same lowercase letters in the same column indicated no significant difference( $P > 0.05$ )

**2.2.3 地衣芽孢杆菌 10-2 对克氏原螯虾体重增长率和饲料系数的影响。**由表 6 可知,对照组(CK)克氏原螯虾的体重增长率为(17.14±1.06)%, $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  组克氏原螯虾的体重增长率分别为(22.13±0.67)%、(21.44±0.83)% 和(20.31±0.98)%。由此可见,与对照组(CK)相比,各饲喂量地衣芽孢杆菌 10-2 处理组克氏原螯虾的体重增长率显著提高( $P < 0.05$ ),但  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  组间无显著差异( $P > 0.05$ )。由表 6 可知,与对照组(CK)相比, $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  组饲料系数显著降低( $P < 0.05$ ),说明添加地衣芽孢杆菌 10-2 后饲料转化率显著提高( $P < 0.05$ )。

**2.3 相同饲喂量下 2 种芽孢杆菌的比较** 如图 1 所示,相同饲喂量下,2 种菌株对克氏原螯虾幼虾的体重增长率有显著影响( $P < 0.05$ )。不同饲喂量解淀粉芽孢杆菌 SS-42 处理组克氏原螯虾的体重增长率差异显著( $P < 0.05$ ),当 SS-42 饲喂量为 $10^5$  CFU/(尾·d)时克氏原螯虾的体重增长率最

表 3 解淀粉芽孢杆菌对克氏原螯虾体重增长率和饲料系数的影响

Table 3 Effects of *B. amyloliquefaciens* on the body weight growth rate and feed coefficient of *P. clarkii*

组别 Group	始重 Initial body weight//g	末重 Final body weight//g	体重增长率 Growth rate of body weight//%	饲料系数 Feed coefficient
CK	8.34±0.16 a	9.73±0.14 c	17.14±1.06 c	2.06±0.03 a
$A_1$	8.43±0.27 a	10.29±0.28 b	24.13±0.67 b	1.54±0.03 b
$A_2$	8.31±0.21 a	10.59±0.13 a	29.44±1.26 a	1.26±0.02 c
$A_3$	8.26±0.25 a	10.16±0.36 b	24.11±0.98 b	1.51±0.07 b

注:同列相同小写字母表示差异不显著( $P > 0.05$ );同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

Note:The same lowercase letters in the same column indicated no significant difference( $P > 0.05$ );different lowercase letters in the same column indicated significant differences( $P < 0.05$ )

**2.2.2 地衣芽孢杆菌 10-2 对克氏原螯虾残肢率的影响。**由表 5 可知,对照组(CK)克氏原螯虾 7 d 总残肢率为 20.00%, $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  组 7 d 总残肢率均为 20.00%。由此可见,不同饲喂量的 10-2 菌株对克氏原螯虾幼虾总残肢率无显著影响( $P > 0.05$ )。

高;不同饲喂量地衣芽孢杆菌 10-2 处理组克氏原螯虾的体重增长率无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 6 地衣芽孢杆菌对克氏原螯虾体重增长率和饲料系数的影响

Table 6 Effects of *B. licheniformis* on the body weight growth rate and feed coefficient of *P. clarkii*

组别 Group	始重 Initial body weight//g	末重 Final body weight//g	体重增长率 Growth rate of body weight//%	饲料系数 Feed coefficient
CK	8.34±0.16 a	9.73±0.14 b	17.14±1.06 b	2.06±0.03 a
$B_1$	8.43±0.27 a	10.19±0.28 a	22.13±0.67 a	1.63±0.04 b
$B_2$	8.31±0.21 a	10.09±0.13 a	21.44±0.83 a	1.61±0.02 b
$B_3$	8.36±0.25 a	9.96±0.36 a	20.31±0.98 a	1.79±0.03 b

注:同列相同小写字母表示差异不显著( $P > 0.05$ );同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

Note:The same lowercase letters in the same column indicated no significant difference( $P > 0.05$ );different lowercase letters in the same column indicated significant differences( $P < 0.05$ )

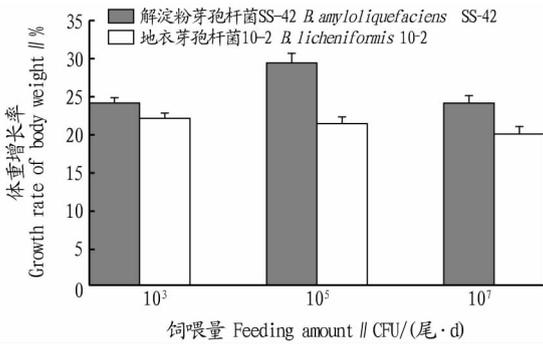


图1 相同饲喂量的2种芽孢杆菌对克氏原螯虾体重增长率的影响

Fig.1 Effects of two species of *Bacillus* at the same feeding amount on the body weight growth rate of *P. clarkii*

### 3 讨论

芽孢杆菌能够分泌高活性的胞外酶系,可将水体中的有机残余物迅速降解为无机物,有效促进养殖水体生态的良性循环<sup>[6]</sup>。研究表明,复合型芽孢杆菌制剂对虾育苗时期氨氮和亚硝态氮的含量有显著影响,但解淀粉芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌对虾育苗水质的影响不明显<sup>[7-11]</sup>。该试验中投放芽孢杆菌的方式是将芽孢杆菌混合饲料一起饲喂幼虾,3 h后使用虹吸式吸水器吸去残留粪便和饲料。

益生菌能够促进养殖动物生长,能抑制病原生长、补充营养、促进消化和提高免疫力<sup>[12-13]</sup>,但不同菌种甚至同种不同菌株的作用方式各有侧重,效果也有所差异<sup>[14]</sup>。关于芽孢杆菌制剂应用于对虾育苗、抗逆性的研究已有少量报道。研究表明,在对虾育苗体系中连续投入较高密度的芽孢杆菌可以显著提高幼体或仔虾的存活率,促进生长或变态,增强虾苗抗逆性<sup>[15]</sup>。李高俊等<sup>[16]</sup>研究表明进一步提高用菌量时作用效果并不会继续提升,甚至可能造成幼体存活率下降。该试验结果表明解淀粉芽孢杆菌 SS-42 菌株和地衣芽孢杆菌 10-2 菌株对克氏原螯虾幼虾死亡率和残肢率的影响不显著( $P>0.05$ )。试验期间幼虾无明显病原感染,水质良好,幼虾营养也较为充分,可能是因为试验周期过短,样本数较小,数据未体现出差异显著性。因此,在无明显胁迫条件下,与对照组相比,2种芽孢杆菌的作用效果难以通过存活率和残肢率体现出来。当饲喂量相同时,解淀粉芽孢杆菌 SS-42 处理组克氏原螯虾的体重增长率显著高于地衣芽孢杆菌 10-2 处理组,这可能是由于2种芽孢杆菌菌种或发酵后菌体以外的其他成分存在差异,作用效果明显不同<sup>[17-20]</sup>。

### 4 结论

该试验用不同浓度的解淀粉芽孢杆菌 SS-42 和地衣芽孢杆菌 10-2 饲喂克氏原螯虾幼虾,通过测定生长状况分析2

种菌株对克氏原螯虾幼虾生长的影响。结果表明,2种芽孢杆菌处理组克氏原螯虾的死亡率和残肢率与对照组相比差异不显著( $P>0.05$ ),平均体重增长率显著提高( $P<0.05$ );当饲喂量相同时,饲喂解淀粉芽孢杆菌 SS-42 菌株处理组克氏原螯虾的平均体重增长率显著高于饲喂地衣芽孢杆菌 10-2 菌株的处理组( $P<0.05$ );解淀粉芽孢杆菌 SS-42 饲喂量为  $10^5$  CFU/(尾·d)时各项生长指标表现最佳。

### 参考文献

- [1] 倪静静. 水温、pH 和饲料对克氏原螯虾摄食行为及其肉质的影响[D]. 扬州:扬州大学,2016.
- [2] 王天神. 生物发酵饲料对克氏原螯虾生长、营养成分、消化酶和免疫酶的影响[D]. 上海:上海海洋大学,2012.
- [3] 徐增洪,周鑫,水燕,等. 生物饲料对克氏原螯虾生长及性腺发育的影响[J]. 华北农学报,2013,28(S1):283-286.
- [4] SEKIROV I, FINLAY B B. The role of the intestinal microbiota in enteric infection[J]. The journal of physiology, 2009, 587:4159-4167.
- [5] 陈思. 克氏原螯虾营养需求与主体饲料配方研究进展[J]. 农产品加工, 2018(15):57-58, 61.
- [6] 张明,董玲. 饲料微生物添加剂——地衣芽孢杆菌检验方法验证初探[J]. 饲料工业, 2019, 40(13):58-61.
- [7] 张士海,孟克杰,崔艳,等. 益生菌在畜禽养殖生产中的应用[J]. 农民致富之友, 2019(12):49.
- [8] NIMRAT S, SUKSAWAT S, BOONTHAI T, et al. Potential *Bacillus* probiotics enhance bacterial numbers, water quality and growth during early development of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) [J]. Veterinary microbiology, 2012, 159(3/4):443-450.
- [9] SILVA E F, SOARES M A, CALAZANS N F, et al. Effect of probiotic (*Bacillus* spp.) addition during larvae and postlarvae culture of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* [J]. Aquaculture research, 2012, 44(1):13-21.
- [10] ZHOU X X, WANG Y B, LI W F. Effect of probiotic on larvae shrimp (*Penaeus vannamei*) based on water quality, survival rate and digestive enzyme activities [J]. Aquaculture, 2009, 287(3/4):349-353.
- [11] 匡群,孙梅,张维娜,等. 巨大芽孢杆菌 JSSW-JD 的生物学特性及对养殖水体氨磷的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(4):222-225.
- [12] LIU K F, CHIU C H, SHIU Y L, et al. Effects of the probiotic, *Bacillus subtilis* E20, on the survival, development, stress tolerance, and immune status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* larvae [J]. Fish & shellfish immunology, 2010, 28(5/6):387-844.
- [13] 陈宝剑,陈少梅,潘天彪,等. 饮水中添加复合益生菌对仔猪生长性能及免疫指标的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(11):110-112, 115.
- [14] 汪文忠. 浅析多菌种组合微生物发酵降解剂处理饲料工艺[J]. 江西饲料, 2017(6):24-26.
- [15] 邱燕,叶元土,蔡春芳,等. 枯草芽孢杆菌对草鱼生长性能的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2010(10):47-49.
- [16] 李高俊,佟延南,符一凡,等. 有益微生物制剂对凡纳滨对虾育苗的应用效果[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(2):288-290.
- [17] 权春善,王军华,徐洪涛,等. 一株抗真菌解淀粉芽孢杆菌的分离鉴定及其发酵条件的初步研究[J]. 微生物学报, 2006, 46(1):7-12.
- [18] 张龙云,蒲春,高海. 酿造环境中细菌的筛选及代谢产物研究[J]. 酿酒科技, 2019(12):113-118.
- [19] 朱瑜,赵晨. 不同芽孢杆菌属重组生物药物的制备及前景展望[J]. 国外医药(抗生素分册), 2019, 40(6):581-590.
- [20] 王款,陈泽田,潘韵,等. 甲基营养型芽孢杆菌在农业上的应用研究进展[J]. 农业与技术, 2019, 39(14):39-41.

(上接第78页)

- [7] 刘清峰. 3~4月龄犊牛蛋白质需要及反刍动物瘤胃发育研究[D]. 金华:浙江师范大学,2020.
- [8] 黄杰,贡笑笑,巩帅,等. 日粮中能量和蛋白质水平对幼龄反刍动物生长发育影响的研究进展[J]. 饲料研究, 2020, 43(5):122-125.
- [9] 赵玉民. 草原红牛及其改良群体遗传与营养互作研究[D]. 长春:吉林农业大学,2007.

- [10] 余康,孙爽,王玉红,等. 不同蛋白质水平日粮对不同性别西农萨能羊羔羊生长发育的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(2):66-71.
- [11] 王波,柴建民,王海超,等. 蛋白质水平对湖羊双胞胎公羔生长发育及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2015, 27(9):2724-2735.
- [12] 王波. 日粮蛋白水平对早期断奶羔羊生长发育和肝脏基因表达的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2016.
- [13] 唐政浩. 肉牛不同生长发育阶段对营养需求的特点[J]. 现代畜牧科技, 2021(1):56-57.