

水提五倍子对鳙鱼消化机能的影响

刘蕾¹, 耿昕颖², 陈杨¹, 张铁成¹, 王巍², 高云航^{2*}

(1. 吉林向海国家级自然保护区管理局, 吉林白城 137215; 2. 吉林农业大学动物科学技术学院, 吉林长春 130118)

摘要 [目的]探讨水提五倍子对鳙鱼肠道胰蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶活性及肠道发育的影响。[方法]在基础饲料中分别添加0(对照组)、0.50%(试验组 I)、1.00%(试验组 II)、2.00%(试验组 III)的水提五倍子,研究不同浓度的水提五倍子对鳙鱼肠道胰蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶活性及肠道绒毛与隐窝深度比值(V/C)的影响。[结果]15 d,试验组 I、试验组 II、试验组 III 胰蛋白酶活性较对照组均有所降低,但差异不显著($P>0.05$);30 d,各试验组胰蛋白酶活性均高于对照组,但差异不显著($P>0.05$)。15 d,试验组 II、试验组 III 脂肪酶活性与对照组、试验组 I 差异显著($P<0.05$);30 d,试验组 II 脂肪酶活性较15 d提高了11.11%,试验组 III 脂肪酶活性较对照组提高了16.04%;45 d,各试验组脂肪酶活性均有所上升,试验组 II 脂肪酶活性最高。15 d,各试验组淀粉酶活性均高于对照组,其中试验组 II 淀粉酶活性最高;30 d和45 d各试验组淀粉酶活性与对照组差异不显著($P>0.05$)。45 d,试验组 II 前肠绒毛高度、后肠绒毛高度、绒毛高度/隐窝深度比值均高于其他3组,但差异不显著($P>0.05$)。[结论]在基础饲料中添加水提五倍子,可以促进鳙鱼胰蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶的分泌,改善肠道黏膜结构,其最适添加量为1.00%。

关键词 水提;五倍子;鳙鱼;消化机能

中图分类号 S965.114 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)32-0106-03

Effects of Gallnut Extracted by Water on the Digestion Function of *Aristichthys nobilis*

LIU Lei¹, GENG Xin-ying², CHEN Yang¹, GAO Yun-hang^{2*} et al (1. Jilin Xianghai National Nature Reserve, Baicheng, Jilin 137215; 2. College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

Abstract [Objective] To discuss the effects of gallnut extracted by water on the activities of trypsin, lipase, amylase in the intestine of *A. nobilis* and its intestinal development. [Method] 0, 0.50%, 1.00%, 2.00% gallnut extracted by water were added in the basal diets in control group, experiment group I, experiment group II and experiment group III. The effects of different concentrations of gallnut extracted by water on the activities of trypsin, lipase, amylase in the intestine of *A. nobilis* and the ratio of intestinal villus to crypt depth(V/C) were studied. [Result] On the 15th day, trypsin activity in experimental group I, experiment group II and experiment group III were lower than that in control group, but there was no significant difference ($P > 0.05$). On the 30th day, trypsin activity in experimental groups were all higher than that in that in control group, but there was no significant difference ($P > 0.05$). On the 45th day, trypsin activity in experimental groups all increased without significant difference ($P > 0.05$). On the 15th day, lipase activity in experiment group II and experiment group III had significant difference with that in control group and experiment group I ($P < 0.05$). On the 30th day, lipase activity in experiment group II increased by 11.11% than that on the 15th day, and lipase activity in experiment group III increased by 16.04% than that in control group. On the 45th day, lipase activity in experimental groups increased, and lipase activity in experiment group II was the highest. On the 15th day, amylase activity in experimental groups were higher than that in control group, and amylase activity in experimental group II was the highest. On the 30th and 40th day, amylase activity in experimental groups had no significant difference with that in control group ($P > 0.05$). On the 45th day, villous height of foreguts, villous height of hindguts, the ratio of intestinal villous height to crypt depth (V/C) in experimental group II were higher than those in other three groups, but there was no significant difference ($P > 0.05$). [Conclusion] Adding gallnut extracted by water in the basal diet can promote the secretion of trypsin, lipase, amylase in the intestine of *A. nobilis* and improve the mucosal structure of intestinal tracts, and its optimum addition amount was 1.00%.

Key words Water extraction; Gallnut; *Aristichthys nobilis*; Digestion function

随着淡水鱼集约化养殖的发展,鱼病控制成为首要问题。抗生素的使用,在很大程度上解决了水产养殖业的疾病问题。然而,随着抗生素的广泛应用,病菌的耐药性和适应能力也在不断加强,且抗生素具有副作用强、残留大等缺点。中草药因其耐药性低、毒性小等特点而被广泛应用于水产养殖中。研究表明,中药五倍子具有抗菌、消炎、收敛、抗病毒等作用,其抗菌作用已经在水产养殖中得到应用。五倍子的也称为木附子、百仓虫、文哈、百药煎等,是同翅目蚜虫科的蛴蚜雌虫或倍角倍蚜,寄生在漆树科植物的叶柄或嫩叶,刺伤生成囊状聚生物虫瘿。五倍子的产地主要集中在南方地区,如贵州、四川、湖南等^[1-3]。五倍子的有效成分是鞣质,

又称单宁酸或鞣酸,化学名为3,4,5-三羟基苯甲酸,其含量可达50%~70%,它是倍酰葡萄糖的混合物,为水解单宁^[4-5]。五倍子中没食子酸占2%~4%,此外还含有棕榈酸、肉豆蔻酸、月桂酸、树脂、淀粉和蜡质等^[6-8]。目前,五倍子已经被应用于水产动物的疾病防治。笔者在鱼料中添加不同浓度水提五倍子,研究其对鳙鱼消化酶和肠道形态结构的影响,旨在为五倍子在鱼料加工使用过程中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验鱼及其饲养条件 试验在吉林农业大学动物养殖室内进行,选用360条体重(24±2)g的鳙鱼鱼种,驯养30d后随机分成4组(试验组 I、试验组 II、试验组 III、对照组),每组3个重复,每个重复30条鳙鱼。对照组、试验组 I、试验组 II、试验组 III 分别在基础饲料中添加0、0.50%、1.00%、2.00%的水提五倍子。基础日粮的营养水平如表1所示。基础日粮的营养水平如表1所示。采用相同的饲养桶饲养,水温为(25±2)℃,溶氧量在4mg/L以上,每晚吸污1次,并

基金项目 国家自然科学基金项目(31201927);吉林省重点科技攻关项目(20150204065NY)。

作者简介 刘蕾(1983-),女,吉林吉林人,助理工程师,硕士,从事淡水鱼病研究。*通讯作者,副教授,博士,从事动物疫病防治研究。

收稿日期 2016-09-23

且每天向池内加注 1/3 新水。每天投喂 2 次,分别于 09:00 和 17:00 投喂,每次投饵量为体质量的 2% ~ 3%。

1.2 试验饲料及药品 五倍子(肚倍),购自长春市百草大药房;基础饲料购自长春市通威饲料公司;胰蛋白酶测试盒、脂肪酶测试盒和淀粉酶测试盒均购自南京建成生物工程研究所。

表 1 基础日粮的营养水平

Table 1 The nutritional levels of the basal diet

营养成分 Nutritional component	含量 Content %	营养成分 Nutritional component	含量 Content %
粗蛋白质 Crude protein	≥35	总磷 Total phosphorus	≥1.1
粗纤维 Crude fiber	≤7	食盐 Salt	0.30 ~ 2.00
粗脂肪 Crude fat	≥3	水分 Moisture content	≤14
粗灰分 Crude ash	≤16	总赖氨酸 Lysine	≥1.7
钙 Ca	0.15 ~ 2.00		

1.3 药剂的制备 在基础饲料上分别喷洒水提 0.50%、1.00%、2.00% 的五倍子,然后 60 °C 烘干。水提五倍子的制备:用纱布包好,各取 50 g 倒入烧杯中,加入 500 mL 水,浸泡 30 min 后煎煮,边煮边搅拌,滤出煎液,煎 3 次,合并所得药液,在鼓风机内烘干,灭菌后置于 4 °C 冰箱中保存备用。

1.4 样品采集 分别在第 15、30、45 天采样,将鳙鱼饥饿 24 h 后每桶取 10 尾,麻醉后立即将鳙鱼在冰盘上进行解剖,5 尾取前肠和后肠,用眼科剪刀剪开,用冰冻去离子水轻轻冲洗掉内容物,置于福尔马林固定液中,用封口膜封口,置于 4 °C 冰箱内保存,用于石蜡切片的制作;另取 5 尾鳙鱼,收集整条鱼的肠道内容物,置于灭菌的 1.5 mL 离心管中,10 000 r/min 离心 15 min,取上清,置于 -20 °C 冰箱内,待测消化酶的活性。

1.5 消化机能的测定

1.5.1 肠道切片的制作。 使用福尔马林固定液固定 24 h 后,用梯度乙水脱水、二甲苯透明、石蜡包埋、切片机切片(厚度 5 μm)、HE 染色、拍照并测量绒毛长度和隐窝深度。

1.5.2 消化酶的测定。 淀粉酶(AMS)活性的测定采用碘-淀粉比色法;胰蛋白酶活性的测定采用精氨酸乙酯法;脂肪酶活性的测定采用甘油三酯水解法。

1.6 数据统计与分析 试验数据使用 SPSS 16.0 统计软件进行单因素方差分析,并对均值进行 LSD 多重比较。试验结果均以平均值 ± 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的五倍子对鳙鱼胰蛋白酶(Trypsin)活性的影响 从表 2 可以看出,饲养 15 d 试验组 I、试验组 II、试验组 III Trypsin 活性分别比对照组降低了 1.23%、0.01% 和 4.17%,但各组间差异不显著($P > 0.05$);30 d,各试验组 Trypsin 活性与对照组相比均有所上升,分别升高了 1.05%、2.63% 和 1.17%,但各组间差异不显著($P > 0.05$);45 d,试验组 I、试验组 II、试验组 III Trypsin 活性比对照组分别升高了 0.36%、1.06% 和 0.98%,但各组间差异不显著($P > 0.05$)。

表 2 不同浓度的五倍子对鳙鱼胰蛋白酶活性的影响
Table 2 Effects of different concentrations of gallnut on trypsin activity of *A. nobilis*

组别 Group	不同时间的胰蛋白酶活性 Trypsin activity at different time // × 10 ³ U/mg		
	15 d	30 d	45 d
对照组 Control group	35.71 ± 1.92	35.02 ± 1.82	35.76 ± 1.49
试验组 I Experiment group I	35.27 ± 3.33	35.39 ± 3.04	35.89 ± 3.50
试验组 II Experiment group II	35.69 ± 3.84	35.94 ± 5.09	36.14 ± 1.58
试验组 III Experiment group III	34.22 ± 1.91	35.43 ± 0.99	36.11 ± 0.98

2.2 不同浓度五倍子对鳙鱼脂肪酶活性的影响 从表 3 可以看出,15 d 随着五倍子浓度的提高,各组脂肪酶活性逐渐降低。对照组、试验组 I、试验组 II、试验组 III 脂肪酶活性分别为 26.06、26.07、23.58、21.95 U/mg,试验组 II 和试验组 III 脂肪酶活性与对照组和试验组 I 差异显著($P < 0.05$);30 d,试验组 II 脂肪酶活性较 15 d 提高了 11.11%,试验组 III 脂肪酶活性较 15 d 时提高了 16.04% 试验组 III 脂肪酶活性;45 d,随着饲养时间的增加,试验组 I、II、III 脂肪酶活性都有所上升,分别达到 26.68、26.74、26.01 U/mg,但各组间差异不显著($P > 0.05$)。

表 3 不同浓度的五倍子对鳙鱼脂肪酶活性的影响
Table 3 Effects of different concentrations of gallnut on lipase activity of *A. nobilis*

组别 Group	不同时间的脂肪酶活性 Lipase activity at different time // U/mg		
	15 d	30 d	45 d
对照组 Control group	26.06 ± 4.45 a	26.34 ± 1.92	26.14 ± 2.57
试验组 I Experiment group I	26.07 ± 4.09 a	26.29 ± 2.91	26.68 ± 2.16
试验组 II Experiment group II	23.58 ± 3.27 b	26.20 ± 3.67	26.74 ± 1.34
试验组 III Experiment group III	21.95 ± 1.99 b	25.47 ± 2.01	26.01 ± 2.82

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different lowercases in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$).

2.3 不同浓度的五倍子对鳙鱼淀粉酶活性的影响 由表 4 可知,15 d,各试验组淀粉酶活性均高于对照组,其中试验组 II 淀粉酶活性最高;30 d 和 45 d 各试验组淀粉酶活性与对照

表 4 不同浓度的五倍子对鳙鱼淀粉酶活性的影响
Table 4 Effects of different concentrations of gallnut on amylase activity of *A. nobilis*

组别 Group	不同时间的淀粉酶活性 Amylase activity at different time // × 10 ² U/mg		
	15 d	30 d	45 d
对照组 Control group	13.19 ± 0.85	13.23 ± 0.28	13.32 ± 0.87
试验组 I Experiment group I	13.64 ± 0.50	13.35 ± 0.56	13.46 ± 0.78
试验组 II Experiment group II	14.03 ± 0.37	13.74 ± 0.75	13.72 ± 0.56
试验组 III Experiment group III	13.57 ± 0.85	13.87 ± 0.79	13.70 ± 0.78

组相比差异不显著($P > 0.05$),但都高于对照组。

2.4 不同浓度的五倍子对鳙鱼肠道绒毛高度与隐窝深度比值(V/C)的影响

由表5可知,45 d,试验组 II 鳙鱼前肠绒毛

高度、后肠绒毛高度、绒毛高度/隐窝深度比值(V/C)均高于对照组、试验组 I 和试验组 III,但差异不显著($P > 0.05$)。

表5 不同浓度的五倍子对鳙鱼肠道绒毛高度与隐窝深度比值(V/C)的影响

Table 5 Effects of different concentrations of gallnut on intestinal villous height and the ratio of villous height to crypt depth (V/C) of *A. nobilis*

组别 Group	前肠绒毛高度 Villous height of foreguts// μm	前肠 V/C V/C of foreguts	后肠绒毛高度 Villous height of hindguts// μm	后肠 V/C V/C of hindguts
对照组 Control group	230.88 ± 15.52	7.38 ± 0.75	65.87 ± 3.85	2.82 ± 0.24
试验组 I Experiment group I	230.72 ± 7.51	7.44 ± 0.26	66.63 ± 3.74	2.91 ± 0.47
试验组 II Experiment group II	233.90 ± 10.26	7.71 ± 0.92	66.39 ± 4.10	3.03 ± 0.20
试验组 III Experiment group III	229.56 ± 10.35	6.69 ± 0.28	61.26 ± 6.71	2.60 ± 0.54

3 讨论

该试验结果表明,15 d 鳙鱼胰蛋白酶和脂肪酶活性随着五倍子浓度的增加而逐渐降低。这可能是由于五倍子的有效成分单宁对消化酶的抑制作用造成的。消化酶类的化学本质是蛋白质,蛋白质分子的苯环、杂环、碳氢链等疏水基团有些可以与单宁分子的苯环疏水基发生疏水结合形成络合物,从而抑制消化酶的分泌^[7-8]。王昕^[9]研究了茶多酚、单宁酸和没食子酸对胃蛋白酶、胰蛋白酶和脂肪酶活性的影响,发现单宁酸和没食子酸对以上3种酶类均有抑制作用,为竞争性抑制作用^[9]。该试验结果表明,30 d 试验组 II、试验组 I 胰蛋白酶和脂肪酶活性的上升趋势明显,45 d 试验组 I、试验组 II 酶活性均高于对照组,但差异不显著($P > 0.05$),说明一定程度上促进了这2种消化酶的分泌;试验组 III 胰蛋白酶和脂肪酶活性没有明显上升或下降,始终低于其他试验组,而淀粉酶活性始终高于对照组。丁平等^[10]研究表明没食子酸及其衍生物对 α -淀粉酶有促进作用是由于没食子酸3个酚羟基共同与 α -淀粉酶结合产生的。陈宝江等^[11]研究单宁对消化酶和生产性能的影响,发现加入适量(1.5 kg/t)单宁可以明显改善肉鸡生产性能并提高消化酶的活性。李俊年等^[12]采用食物平衡法研究单宁酸对根田鼠食物摄入量和蛋白质消化率的作用,当食物蛋白含量为10%时,第1~5天单宁酸对食物摄入量具有明显的抑制作用,自第6天起抑制作用不明显,试验组较对照组食物蛋白消化率有明显降低;在食物蛋白质含量20%的条件下单宁酸对根田鼠的食物摄入量和蛋白质消化率无显著作用。这说明单宁对动物消化酶的抑制作用与单宁投喂时间及动物日粮结构蛋白含量有很大关系,饲料中部分蛋白可以与单宁发生络合反应,这可以减轻对酶的抑制作用;单宁酸对酶的抑制作用会随饲养时间的延长而有所降低,开始饲喂单宁酸对消化酶有抑制作用,抑制作用随添加浓度的增加而增加,当饲养一定阶段后动物适应一定浓度的单宁酸,可以恢复消化酶的分泌甚至促进消化酶的分泌。

鳙鱼的肠道是消化与吸收营养物质的主要器官。肠绒毛是肠黏膜表面的上皮和固有层向肠腔内的细小突起,绒毛高度增加,营养物质吸收面积增加;隐窝是由绒毛基部肠上皮深入固有层形成的管状结构,隐窝浅说明肠上皮细胞成熟率上升,分泌增强;绒毛高度与隐窝深度比值越大,说明消化

吸收能力越强,反之越差^[13]。该试验结果表明,试验组 III 鳙鱼前肠绒毛高度、后肠绒毛高度、绒毛高度/隐窝深度比值均高于对照组、试验组 I 和试验组 III,但与其他组相比差异不显著($P > 0.05$)。由于水产鱼类在长期人工集约化养殖过程中,会使其产生氧化应激反应。过量氧自由基会攻击肠道,使肠道对食物的消化和吸收受到影响,破坏物质代谢和能量的平衡,还会降低机体免疫力,严重时还会诱发肠道疾病^[14]。一定浓度的水提五倍子经过一定时间饲喂后,其活性物质单宁酸和没食子酸可以有效抵抗肠道自由基,肠道适应了较低浓度的水提五倍子,促进了肠道发育。中草药含有丰富的免疫活性物质(如生物碱、黄酮类、多糖、挥发油类、有机酸和萜类等),可以通过促进动物机体的免疫器官生长发育并提高其生产性能,调节机体的免疫系统,增强机体抗病力,进而减少疾病发生。一般是通过多条途径、多个方面对动物机体的免疫系统进行调节,提高机体的非特异性免疫和特异性免疫^[15-16]。

4 结论

饲料中添加适量的水提五倍子,可以提高鳙鱼胰蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶的分泌,改善肠道黏膜结构,其最适添加量为1.00%。

参考文献

- [1] 高学敏. 中药学[M]. 北京:中国中医药出版社,2007:20-27.
- [2] 乔彩云,李建科. 五倍子及五倍子单宁的研究进展[J]. 食品工业科技,2011,32(7):458-462.
- [3] 周劲光. 五倍子的药理作用与临床研究进展[J]. 海峡药学,2010,22(4):30-32.
- [4] 李春远,丁唯嘉,渠桂荣. 五倍子化学成分研究[J]. 中草药,2008,39(8):1129-1132.
- [5] 易盛国,雷绍荣. 五倍子油化学成分的研究[J]. 化学研究与应用,1998(2):192-194.
- [6] 许维国. 五倍子酸药用价值的相关研究[D]. 长春:吉林大学,2013.
- [7] 黄惠华,王志,陈建新. 多酚-蛋白质络合反应的影响因素研究[J]. 食品科学,2003,24(2):22-25.
- [8] NACZK M, AMAROWICZ R, ZADERNOWSKI. Protein precipitating capacity of condensed tannins of beach pea, canola hulls, evening primrose and faba bean[J]. Food chemistry,2001,73(4):467-471.
- [9] 王昕. 几种食源性多酚对消化道主要酶活性影响的研究[D]. 重庆:西南大学,2008.
- [10] 丁平阳,张曦,周洁,等. 没食子酸及其衍生物对 α -淀粉酶作用机制研究[J]. 食品工业科技,2012(2):167-169.
- [11] 陈宝江,裴素俭,魏中华,等. 单宁酸对肉仔鸡生产性能和消化道酶活性的影响研究[J]. 中国家禽,2012,34(20):26-29.

(下转第214页)

在0.1的显著性水平下,除城乡收入比和城镇化率与城镇污水处理率的协调度这些因子外,其他城镇化协调性的影响因子在不同区域存在着显著的差异。城乡居民收入比对鄂中地区城镇化协调发展度影响明显,其变化弹性为-1.1663;其次为鄂西地区,变化弹性为-0.3671;而对鄂东的城镇化协调发展度影响相对较弱,变化弹性为-0.2416,仅为鄂中的20.72%和鄂西的65.81%。这说明城乡协调性发展因素在影响不同区域的协调发展度时,存在着差异性效果;而农业规模较大的鄂中地区更容易受到城乡发展不协调的冲击。城镇化率与城镇污水处理率的协调度影响显著的地区是鄂东和鄂中,即城镇化率与城镇污水处理率的协调度每提升1%,鄂东地区的城镇化协调发展度提升1.0355%,鄂中的城镇化协调发展度则升0.0949%。受城镇化率与非农产业协调度影响较大的地区是鄂东和鄂中,其变化弹性分别为1.3422和2.0874。人口集中度影响鄂西地区变化弹性为0.3020。产业集中度对城镇化协调发展度的影响同样较为明显,且呈现由东至西依增强,依次为0.0813、0.1897和0.2467。

由于各变量对不同区域城镇化协调发展度的影响差异显著。故在湖北省所辖区域内,省会武汉及其周边地区的城镇化协调性受人口与资源环境协调水平的影响较大;粮食主产区城镇化协调性更容易受到产城协调程度等因素的影响;而西部山区和民族地区受人口集中程度的影响较明显。另外,非农产业集中度的影响效果由东向西增强。

3 结论与建议

3.1 主要结论

(1)2004—2013年,湖北省城镇化协调性呈现不均衡发展的空间格局,主要体现在“一主两副”的战略重心;省会武汉对周边地区起到辐射带动作用;全省周边山区相对滞后。

(2)从泰尔指数分析结果来看,相较于区域间而言,湖北省城镇化协调发展度的总体差异主要来自各区域内部的差异。区域内部差异较大的主要是鄂西和鄂东地区,但随着城镇化推进的同时,二者的差异性均在不断缩小。

(3)各区域城镇化协调性的影响因素呈现显著性差异:省会及其周边地区(鄂东)城镇化协调性受人口与资源环境协调水平的影响较大;粮食主产区(鄂中)城镇化协调性更容

易受到产城协调等因素的影响;而西部山区和民族地区(鄂西)受人口集中程度的影响较明显。此外,非农产业集中度的影响效果由东向西增强。

3.2 政策建议 湖北省城镇化协调性的差异主要体现在鄂东和鄂西内部各地区的差异上,因此,缩小鄂东和鄂西的区域内部差异是进一步提升城镇化协调性的关键。鄂东地区需统筹城乡一体化发展,并努力保障城镇化发展与资源环境的协调均衡;鄂西地区应提升城镇人口集中度,以改善该地区城镇化协调性水平。

由于影响城镇化协调性的因素在湖北省各地区具有显著的差异,因此,提高城镇化协调性应防止“一刀切”模式,从追求空间效率均衡化和统筹区域协调化的角度制定具有地域性差异的城镇化政策:省会武汉及其周边地区应注重城镇化发展与产业优化升级协调同步,同时还要着力解决粗放式发展所带来的生态环境恶化问题;鄂中江汉平原地区是农业主产区,农业规模较大,应在加大产业转型和优化升级的同时努力缩小城乡差距;鄂西地区则因地制宜地提高城镇人口集中度和非农产业集中度,以求合理地提升城镇化协调性。

参考文献

- [1] 李小建,罗庆.新型城镇化中的协调思想分析[J].中国人口·资源与环境,2014,24(2):47-53.
- [2] 曹文莉,张小林,潘义勇,等.发达地区人口、土地与经济城镇化协调发展度研究[J].中国人口·资源与环境,2012,22(2):141-146.
- [3] 崔许锋.民族地区的人口城镇化与土地城镇化:非均衡性与空间异质性[J].中国人口·资源与环境,2014,24(8):63-72.
- [4] 孔凡文,许世卫.论城镇化速度与质量协调发展[J].城市问题,2005(5):58-61.
- [5] 张春梅,张小林,吴启焰,等.城镇化质量与城镇化规模的协调性研究:以江苏省为例[J].地理科学,2013,33(1):16-22.
- [6] 李小帆,邓宏兵.长江经济带新型城镇化协调性的空间差异与时空演化[J].长江流域资源与环境,2016,25(5):725-732.
- [7] 丛正,邢天才,王文荣.城镇化·工业化与农村金融发展:基于沈阳数据的实证分析[J].安徽农业科学,2014,42(36):13106-13108.
- [8] 孙久文,周玉龙.城乡差距、劳动力迁移与城镇化:基于县域面板数据的经验研究[J].经济评论,2015(2):29-40.
- [9] 王磊,段学军,田方,等.长江三角洲人口与经济的空间分布关系研究[J].经济地理,2009,29(10):1619-1623.
- [10] 朱丽.四川省产业集群与城镇化互动发展研究[D].雅安:四川农业大学,2015.
- [11] 王小斌,邵燕斐.中国城镇化、能源消耗与二氧化碳排放研究:基于1995~2011省级面板数据[J].工业技术经济,2014(4):115-123.
- [12] 毕军贤.中部县域城镇化与工业化、能源消耗量关系的实证研究[J].中国管理科学,2008(S1):592-595.

(上接第108页)

- [12] 李俊年,刘季科,陶双伦.单宁酸对根田鼠食物摄入量 and 蛋白质消化率的效应[J].兽类学报,2003,23(1):52-57.
- [13] 韩正康.家畜营养生理学[M].北京:农业出版社,1993:16-17.
- [14] THOMAS S, BALASUBRAMANIAN K A. Role of intestine in postsurgical

complications: Involvement of free radicals[J]. Free radical biology & medicine, 2004, 36(6): 745-756.

- [15] 孙水平.中草药鞣质成分的药理[J].河南中医学院学报,1977(4):79-81.
- [16] 吕惠敏.复方中草药有效成分的分析及对兔肠道功能的影响[D].福州:福建农林大学,2012.