

## 野生与船养瓦氏黄颡鱼肌肉营养组成与评价

江瑞, 乐贻荣, 付梅, 李天才, 赵晴云, 苏胜齐\* (西南大学动物科技学院, 重庆 400715)

**摘要** [目的]比较野生和船体网箱养殖(船养)瓦氏黄颡鱼的肌肉营养组成。[方法]对采自同一水域的野生和船养瓦氏黄颡鱼的肌肉营养成分进行了比较。[结果]野生瓦氏黄颡鱼粗蛋白、粗灰分和粗脂肪含量分别为船养瓦氏黄颡鱼的1.16倍、1.69倍和0.90倍。在检测到的17种氨基酸中,野生瓦氏黄颡鱼除酪氨酸和组氨酸含量低于船养瓦氏黄颡鱼外,其余种类氨基酸均高于船养瓦氏黄颡鱼。野生瓦氏黄颡鱼总氨基酸(TAA)、总必需氨基酸(TEAA)、总鲜味氨基酸(TDAA)含量分别是船养瓦氏黄颡鱼的1.18倍、1.51倍和1.13倍。野生瓦氏黄颡鱼必需氨基酸构成比例符合世界粮农组织/世界卫生组织对优质蛋白质的要求,而船养瓦氏黄颡鱼不符合。根据氨基酸评分,野生瓦氏黄颡鱼的第一限制性氨基酸为缬氨酸,除缬氨酸外,其余必需氨基酸的氨基酸评分均大于等于0.90;船养瓦氏黄颡鱼的第一限制性氨基酸为亮氨酸,只有苯丙氨酸+酪氨酸的氨基酸评分大于1.3种必需氨基酸的氨基酸评分在0.65以下;野生瓦氏黄颡鱼的必需氨基酸指数为69.62,船养瓦氏黄颡鱼为55.36。[结论]野生和船养瓦氏黄颡鱼的肌肉营养成分存在差异。野生与船养瓦氏黄颡鱼生活在同一水域,水质条件几乎一致,饵料差异可能是影响瓦氏黄颡鱼肌肉营养成分的主要原因。

**关键词** 野生;船养;瓦氏黄颡鱼;营养组成

中图分类号 S965.199 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)07-0096-04

### Nutritional Composition Analysis and Evaluation on the Muscles in Wild and Boat Cage-cultured *Pelteobagrus vachelli*

JIANG Rui, LE Yi-rong, FU Mei, SU Sheng-qi\* et al (College of Animal Science and Technology, Southwest University, Chongqing 400715)

**Abstract** [Objective] To compare the nutritional composition of muscles in wild and boat cage-cultured *Pelteobagrus vachelli*. [Method] The nutritional components of muscles in wild and boat cage-cultured *P. vachelli* from the same waters were analyzed. [Result] The content of crude protein, crude fat and crude ash in wild *P. vachelli* were 1.16, 1.69 and 0.90 times as high as that in boat cage-cultured individuals respectively. 17 amino acids were detected in wild and boat cage-cultured *P. vachelli*. Except for Tyr and His, the content of other amino acids in wild individuals were higher than that in boat cage-cultured individuals. The content of TAA, EAA and DAA in wild individuals were 1.18, 1.51 and 1.13 times as high as that in boat cage-cultured individuals, respectively. The composition of essential amino acids in wild individuals met the high-quality standards of FAO/WHO, but boat cage-cultured individuals did not meet these standards. According to amino acids score (AAS), the first limited amino acid in wild *P. vachelli* was Val. Except for Val, AAS of other essential amino acids were equal to or more than 0.90. The first limited amino acid in boat cage-cultured *P. vachelli* was Leu. AAS of Phe + Tyr was more than 1. AAS of 3 kinds of essential amino acids were lower than 0.65. The essential amino acids index (EAAI) of wild individuals and boat cage-cultured individuals was 69.62 and 55.36, respectively. [Conclusion] There were differences of nutritional components in wild *P. vachelli* and boat cage-cultured *P. vachelli*. Wild individuals and boat cage-cultured individuals lived in the same waters with similar water quality conditions, and these results suggested that different food might be main influencing factor of nutritional components in the muscle of *P. vachelli*.

**Key words** Wild; Boat cage-cultured; *Pelteobagrus vachelli*; Nutritional composition

瓦氏黄颡鱼 [*Pelteobagrus vachelli* (Richardson)], 又名江黄颡鱼、江颡, 在分类上隶属硬骨鱼纲 (Osteichthyes) 鲇形目 (Siluriformes) 鲿科 (Bagridae) 黄颡鱼属 (*Pelteobagrus*), 是淡水温水性鱼类, 在我国各大水系均有分布<sup>[1]</sup>。作为黄颡鱼属生长最快、个体最大的鱼类, 瓦氏黄颡鱼具有较好的养殖特性和经济效益, 养殖规模不断扩大<sup>[2]</sup>。研究表明, 天然水体和养殖水域水生动物的肌肉营养成分存在一定差异<sup>[3-5]</sup>, 与不同营养条件和生活环境等有关<sup>[6]</sup>; 这也导致部分消费者对养殖瓦氏黄颡鱼的营养品质不太放心<sup>[7]</sup>。野生与养殖鱼类的肌肉营养研究中, 野生鱼类大多为江河捕捞, 养殖鱼类大多为池塘养殖, 二者的水域环境和饵料均有所不同<sup>[5-6]</sup>。目前, 关于在同一水域环境下野生与养殖瓦氏黄颡鱼肌肉营养组成的研究鲜见报道。船体网箱养殖(简称船养)是将船只改造为网箱养鱼船, 利用船体浮力, 在江河上进行渔业生产的一种养殖模式, 与自然环境生长的鱼类相比, 它们生活在近乎相同的水域环境。笔者对野生和船养瓦氏黄颡鱼的肌肉营养组成进行了比较, 探究同一水域中不同食物对瓦氏黄

颡鱼肌肉营养组成的影响, 以期对瓦氏黄颡鱼饲料配方的科学配置提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 野生和船养瓦氏黄颡鱼分别采自嘉陵江北碛白庙子江段的天然水域与船体网箱, 各10尾。野生与船养瓦氏黄颡鱼的生活水域环境几乎一致, 但二者饵料不同。给船养瓦氏黄颡鱼投喂的是人工冰鲜饵料, 而野生瓦氏黄颡鱼取食自然水域的天然饵料。野生瓦氏黄颡鱼体长10.2~17.2 cm, 体重28.6~54.7 g; 船养瓦氏黄颡鱼体长13.1~16.9 cm, 体重33.5~52.6 g。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 取样。** 样本经测量体长和体重后, 参照黄峰等<sup>[8]</sup>的方法, 取供试个体头后至尾柄前的全部肌肉, 剪碎、混匀后低温保存, 供测定一般营养成分和氨基酸含量。

**1.2.2 营养成分测定。** 对瓦氏黄颡鱼肌肉的一般营养成分和氨基酸含量进行测定。采用105℃恒温干燥法(GB/T 5009.5—2003)测定水分含量; 采用凯氏定氮法(GB/T 5009.6—2003)测定粗蛋白质含量; 采用索氏抽提法(GB/T 5009.3—2003)测定粗脂肪含量; 采用灼烧法(GB/T 5009.4—2003)测定粗灰分含量。用盐酸对肌肉样品水解处理后, 使用日立L-8800型氨基酸自动分析仪进行氨基酸含量测定。

**作者简介** 江瑞(1992—), 男, 重庆人, 硕士研究生, 研究方向: 渔业资源与环境。\*通讯作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事渔业资源与环境研究。

**收稿日期** 2016-12-13

**1.2.3 营养品质评价。**将必需氨基酸(% ,按干物质计)换算成每克氮中所含氨基酸毫克数(即氨基酸含量),再根据FAO/WHO推荐的必需氨基酸评分模式<sup>[9]</sup>和全鸡蛋蛋白为标准的评分模式<sup>[10]</sup>,计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)<sup>[4]</sup>,计算公式如下:

$$\text{氨基酸含量 (mg/gN)} = [6250 \times \text{必需氨基酸含量 (\% ,干物质)}] / \text{粗蛋白含量 (\% ,干物质)} \quad (1)$$

$$\text{AAS} = \text{样品某必需氨基酸含量 (mg/gN)} / \text{FAO/WHO 标准模式中该种氨基酸含量 (mg/gN)} \quad (2)$$

$$\text{CS} = \text{样品某必需氨基酸含量 (mg/gN)} / \text{全鸡蛋蛋白质中该种氨基酸含量 (mg/gN)} \quad (3)$$

$$\text{EAAI} = \sqrt[n]{\left(\frac{100A}{AE}\right) \times \left(\frac{100B}{BE}\right) \times \left(\frac{100C}{CE}\right) \times \dots \times \left(\frac{100G}{GE}\right)} \quad (4)$$

式中, $n$ 为检测到的必需氨基酸种数,A、B、C等为样品肌肉蛋白质必需氨基酸含量(mg/gN);AE、BE、CE等为全鸡蛋蛋白质必需氨基酸含量(mg/gN)。

**1.3 数据处理** 试验数据用Excel 2010 软件进行统计与分析。

## 2 结果与分析

**2.1 一般营养成分** 由表1可知,野生瓦氏黄颡鱼肌肉中(鲜样)粗蛋白含量是船养瓦氏黄颡鱼的1.16倍,粗灰分含量是船养瓦氏黄颡鱼的1.69倍,粗脂肪含量是船养瓦氏黄颡鱼的0.90倍,而水分含量基本相同。与表1中其他经济鱼类相比,野生和船养瓦氏黄颡鱼肌肉中水分和粗蛋白含量均较低,而粗脂肪含量较高。

表1 瓦氏黄颡鱼与其他几种鱼类肌肉的一般营养成分比较

Table 1 The comparison of general nutritional components between *P. vachelli* and other kinds of fishes % ,鲜样

种类 Species	水分 Moisture content	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash
野生瓦氏黄颡鱼 Wild <i>P. vachelli</i>	75.93	14.60	4.00	1.20
船养瓦氏黄颡鱼 Boat cage-cultured <i>P. vachelli</i>	78.06	12.56	4.45	0.71
黄颡鱼 <sup>[8]</sup> <i>P. fulvidraco</i>	82.40	15.37	1.61	0.16
南方大口鲶 <sup>[11]</sup> <i>Silurus meridionalis</i> Chen	78.49	18.06	2.47	1.17
长吻鮠 <sup>[12]</sup> <i>Leiostomus xanthurus</i>	79.91	16.30	2.99	0.99
吉富罗非鱼 <sup>[13]</sup> <i>Oreochromis niloticus</i>	78.80	17.39	0.89	1.32
杂交鳢 <sup>[14]</sup> Hybrid snakehead	77.98	20.18	2.64	0.91
厚颌鲂 <sup>[15]</sup> <i>Megalobrama pellegrini</i>	79.26	16.82	2.10	1.08

**2.2 氨基酸组成** 由表2可知,野生和船养瓦氏黄颡鱼肌肉中均检测到17种氨基酸(酸处理,色氨酸未测),均含人体必需氨基酸7种,人体半必需氨基酸2种,鲜味氨基酸4种。谷氨酸(Glu)在野生和船养瓦氏黄颡鱼中均为含量最高的氨基酸;野生瓦氏黄颡鱼除脯氨酸(Pro)和组氨酸(His)含量低于船养外,其余种类氨基酸含量均高于船养瓦氏黄颡鱼。野生瓦氏黄颡鱼总氨基酸(TAA)含量是船养瓦氏黄颡鱼的1.18倍,必需氨基酸(EAA)含量是船养瓦氏黄颡鱼的1.51倍,总鲜味氨基酸(DAA)含量是船养瓦氏黄颡鱼的1.13倍。

表2 野生和船养瓦氏黄颡鱼肌肉中氨基酸组成的比较

Table 2 The comparison of amino acid composition in the muscles of wild and boat cage-cultured *P. vachelli* % ,干样

氨基酸 Amino acids	野生瓦氏黄颡鱼 Wild <i>P. vachelli</i>	船养瓦氏黄颡鱼 Boat cage-cultured <i>P. vachelli</i>	氨基酸 Amino acids	野生瓦氏黄颡鱼 Wild <i>P. vachelli</i>	船养瓦氏黄颡鱼 Boat cage-cultured <i>P. vachelli</i>
苏氨酸 Thr <sup>▲</sup>	2.306	2.048	丙氨酸 Ala <sup>#</sup>	3.029	2.729
缬氨酸 Val <sup>▲</sup>	2.129	1.852	丝氨酸 Ser	2.133	1.896
蛋氨酸 Met <sup>▲</sup>	1.588	1.208	半胱氨酸 Cys	0.651	0.542
异亮氨酸 Ile <sup>▲</sup>	2.159	1.207	酪氨酸 Tyr	1.883	4.142
亮氨酸 Leu <sup>▲</sup>	4.566	1.905	脯氨酸 Pro	1.582	1.464
苯丙氨酸 Phe <sup>▲</sup>	2.261	1.667	总氨基酸 TAA	45.435	38.602
赖氨酸 Lys <sup>▲</sup>	2.919	1.980	总必需氨基酸 TEAA	17.928	11.867
组氨酸 His <sup>▲▲</sup>	1.346	2.621	总非必需氨基酸 TNEAA	23.024	22.939
精氨酸 Arg <sup>▲▲</sup>	3.137	1.175	总鲜味氨基酸 TDAA	16.775	14.895
天门冬氨酸 Asp <sup>#</sup>	4.620	4.117	TDAA/TAA	36.9	38.6
谷氨酸 Glu <sup>#</sup>	6.583	5.820	TEAA/TAA	39.5	30.7
甘氨酸 Gly <sup>#</sup>	2.543	2.229	TEAA/TNEAA	77.9	51.7

注:▲为人体必需氨基酸,▲▲为人体半必需氨基酸,#为鲜味氨基酸

Note:▲ stands for essential amino acid for human body;▲▲ stands for semi-essential amino acid for human body;# stands for delicious amino acid

**2.3 必需氨基酸营养价值评价** 食品蛋白质中人体必需氨基酸含量的高低和组成,是决定食品蛋白质营养价值的重要因素<sup>[16]</sup>。根据FAO/WHO推荐的标准,氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)是评价鱼肉中必需

氨基酸营养价值的常用指标。将表2中的必需氨基酸(%)换算成氨基酸含量(mg/gN),再将其与FAO/WHO标准模式和全鸡蛋蛋白质模式进行比较,分别计算其AAS、CS和EAAI。由表3可知,野生瓦氏黄颡鱼的第一限制性氨基酸为

Val, 船养瓦氏黄颡鱼的第一限制氨基酸为 Leu; 除 Val 外, 野生瓦氏黄颡鱼的 AAS 均大于等于 0.9, 船养瓦氏黄颡鱼只有 Phe + Tyr 的 AAS 大于 1, 有 4 种氨基酸的 AAS 在 0.65 以下;

野生瓦氏黄颡鱼的 CS 均大于 0.5, 船养瓦氏黄颡鱼有 5 种必需氨基酸 CS 小于等于 0.5; 野生瓦氏黄颡鱼的 EAAI 为 69.92, 船养瓦氏黄颡鱼的 EAAI 为 55.36。

表 3 野生与船养瓦氏黄颡鱼肌肉中必需氨基酸的 AAS、CS 和 EAAI

Table 3 AAS, CS and EAAI of essential amino acids in the muscles of wild and boat cage-cultured *P. vachelli*

必需氨基酸 Essential amino acids	氨基酸含量 Content of amino acids//mg/gN				AAS		CS		EAAI	
	船养瓦氏 黄颡鱼 Boat cage- cultured <i>P. vachelli</i>	野生瓦 氏黄颡鱼 Wild <i>P. vachelli</i>	FAO/WHO 标准 FAO/WHO standards	全鸡蛋蛋 白标准 Whole egg protein standard	船养瓦氏 黄颡鱼 Boat cage- cultured <i>P. vachelli</i>	野生瓦 氏黄颡鱼 Wild <i>P. vachelli</i>	船养瓦氏 黄颡鱼 Boat cage- cultured <i>P. vachelli</i>	野生瓦 氏黄颡鱼 Wild <i>P. vachelli</i>	船养瓦氏 黄颡鱼 Boat cage- cultured <i>P. vachelli</i>	野生瓦 氏黄颡鱼 Wild <i>P. vachelli</i>
Thr	224	238	250	292	0.89	0.95	0.77	0.81	55.36	69.62
Val	202	219	310	411	0.65	0.71	0.49	0.53		
Met + Cys	191	231	220	386	0.87	1.05	0.50	0.60		
Ile	132	222	250	331	0.53	0.89	0.40	0.67		
Leu	208	471	440	534	0.47	1.07	0.39	0.88		
Phe + Tyr	634	427	380	565	1.67	1.12	1.12	0.76		
Lys	216	301	340	441	0.64	0.88	0.49	0.68		

### 3 讨论

养殖鱼类肌肉中脂肪和蛋白含量与其所摄入的食物密切相关<sup>[17-19]</sup>, 也与鱼类自身活动关系密切<sup>[20]</sup>。该试验结果表明, 船养瓦氏黄颡鱼的粗脂肪含量高于野生瓦氏黄颡鱼, 粗蛋白含量低于野生瓦氏黄颡鱼。这与马旭洲等<sup>[21]</sup>的野生瓦氏黄颡鱼的粗脂肪含量较塘养个体低, 粗蛋白含量较塘养瓦氏黄颡鱼高的研究结果一致。究其原因, 该试验中船养与野生瓦氏黄颡鱼生活在同一水域, 水质条件几乎一致, 造成野生与船养瓦氏黄颡鱼脂肪和蛋白差异的原因可能主要与所摄食的食物有关。

鱼类肌肉中脂肪含量与鱼类的肉质及其烹饪后的香味、多汁性、柔软程度显著相关<sup>[21]</sup>。丁月等<sup>[20]</sup>研究表明鱼类肌肉脂肪含量为 3.5%~4.5% (鲜样) 时, 食用口感较好。该试验中野生与船养瓦氏黄颡鱼的粗脂肪含量分别为 4.00% 和 4.45%, 不仅符合上述标准, 而且均高于同目的南方大口鲶<sup>[11]</sup>、黄颡鱼<sup>[8]</sup>和长吻鮠<sup>[12]</sup>, 也高于吉富罗非鱼<sup>[13]</sup>、杂交鳊<sup>[14]</sup>和厚颌鲂<sup>[15]</sup>等名优鱼类, 这表明瓦氏黄颡鱼肌肉脂肪含量较高, 肉质更柔软多汁, 符合人们对鲿科鱼类的认识, 也预示该水域条件的天然饵料有利于瓦氏黄颡鱼粗脂肪的积累。

动物蛋白的鲜美程度一般由鲜味氨基酸 (天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸) 的组成与含量决定<sup>[11]</sup>。野生与船养瓦氏黄颡鱼肌肉中 DAA 和 TAA 分别为 36.9% 和 38.6%, 与南方大口鲶 (37.7%)<sup>[11]</sup>、杂交鳊 (38.9%)<sup>[14]</sup> 及吉富罗非鱼 (38.9%)<sup>[13]</sup> 等相近, 说明瓦氏黄颡鱼也是一种味道鲜美的鱼类。该试验结果表明野生和船养瓦氏黄颡鱼的第一限制性氨基酸分别为 Val 和 Leu, 这与王伟等<sup>[22]</sup>发现不同养殖方式下的翘嘴红鲌的第一限制性氨基酸存在差异的结果相一致。究其原因, 主要是由于摄食不同食物所致<sup>[5]</sup>。鲿形目鱼类普遍缺乏缬氨酸<sup>[23]</sup>, 需要在人工配合饲料开发中增大缬氨酸的含量。该研究中野生瓦氏黄颡鱼缬氨酸的 AAS 为 0.71, 船养瓦氏黄颡鱼缬氨酸的 AAS 为 0.65, 均小于 1, 表明

缬氨酸均是其限制性氨基酸, 这就需要在其人工配合饲料中加入缬氨酸。

野生瓦氏黄颡鱼肌肉中 EAA/TAA 为 39.5%, EAA/NEAA 为 77.9%, 符合 FAO/WHO 模式中质量较好蛋白质 EAA/TAA 在 40% 左右, EAA/NEAA 在 60% 以上的要求<sup>[4]</sup>。船养瓦氏黄颡鱼 EAA/TAA 为 30.7%, EAA/NEAA 为 51.7%, 不符合上述要求。野生瓦氏黄颡鱼的必需氨基酸指数为 69.96, 船养瓦氏黄颡鱼为 55.36, 与马旭洲等<sup>[21]</sup>对野生瓦氏黄颡鱼 (66.87) 和养殖瓦氏黄颡鱼 (64.90) 的必需氨基酸指数差异较大。由此可见, 同一水域环境下不同食物可能严重影响鱼体肌肉营养组成与品质。野生环境下, 瓦氏黄颡鱼主以水生昆虫及小鱼、小虾等为食<sup>[24]</sup>, 营养较为丰富。对船养瓦氏黄颡鱼而言, 投喂的冰冻结料, 来源较为单一, 质量不稳定, 营养不能完全满足其需要, 因而造成其肌肉营养相对较差。近年来, 瓦氏黄颡鱼的人工配合饲料产业发展较快, 饲料配方更加注重营养平衡, 投喂更加科学, 因此使得野生与养殖瓦氏黄颡鱼肌肉中氨基酸含量和必需氨基酸构成比例无显著差异。

### 4 结论

瓦氏黄颡鱼是一种脂肪含量较高、味道鲜美的鱼类。天然水体中, 瓦氏黄颡鱼因饵料来源广泛, 其肌肉营养成分和品质达到 FAO/WHO 的评价要求; 单一投喂冰冻饵料的船养瓦氏黄颡鱼的氨基酸平衡性相对较差。在相近的生活环境中, 不同饵料可能是影响瓦氏黄颡鱼肌肉营养成分的主要原因。因此, 合理的饲料配方是保证养殖鱼类肌肉营养品质符合人体需求的前提。

### 参考文献

- [1] 褚新洛, 郑保珊, 戴定远, 等. 中国动物志: 硬骨鱼纲鲿形目 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 152-156.
- [2] 马旭洲, 王武, 甘炼, 等. 瓦氏黄颡鱼仔稚鱼生长与发育的研究 [J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(4): 331-335.
- [3] 罗智, 李晓东, 白海娟, 等. 野生和养殖斧尾复虾虎鱼营养组成和形态学的比较研究 [J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(2): 182-186.
- [4] 施永海, 张根玉, 刘永士, 等. 野生及养殖哈氏仿对虾肌肉营养成分的

- 分析与比较[J]. 水产学报, 2013, 37(5): 768-776.
- [5] 唐雪, 徐钢春, 徐跑, 等. 野生与养殖刀鲚肌肉营养成分的比较分析[J]. 动物营养学报, 2011, 23(3): 514-520.
- [6] 俞寅寅, 周健博, 张玉明, 等. 野生与养殖光唇鱼肌肉营养组成与评价[J]. 水产科学, 2012, 31(4): 207-210.
- [7] 袁立强, 马旭洲, 王武, 等. 饲料脂肪水平对瓦氏黄颡鱼生长和鱼体色的影响[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(5): 577-584.
- [8] 黄峰, 严安生, 熊传喜, 等. 黄颡鱼的含肉率及鱼肉营养评价[J]. 淡水渔业, 1999, 29(10): 3-6.
- [9] PELLET P L, YOUNG V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: United National University Press, 1980: 26-29.
- [10] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表(全国代表值)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991.
- [11] 张凤枰, 宋军, 张瑞, 等. 养殖南方大口鲶肌肉营养成分分析和品质评价[J]. 食品科学, 2012, 33(17): 274-278.
- [12] 曹静, 张凤枰, 宋军, 等. 养殖和野生长吻鮠肌肉营养成分比较分析[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 126-131.
- [13] 缪凌鸿, 刘波, 何杰, 等. 吉富罗非鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(5): 635-641.
- [14] 邹礼根, 冯晓宇, 王宇希, 等. 杂交鳊(鳊♀ × 乌鳊♂)与乌鳊肌肉品质比较研究[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(2): 303-307.
- [15] 谭德清, 王剑伟, 但胜国, 等. 厚颌鲂含肉率及生化成分的分析[J]. 水生生物学报, 2004, 28(1): 17-22.
- [16] 张宽中, 戈贤平. 泰国笋壳鱼肌肉营养品质的评价[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2006, 25(1): 23-27, 49.
- [17] WATANABE T. Lipid nutrition in fish[J]. Comparative biochemistry and physiology Part B: Comparative biochemistry, 1982, 73(1): 3-15.
- [18] DANIELS W H, ROBINSON E H. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) [J]. Aquaculture, 1986, 53(3/4): 243-252.
- [19] CHO S H, LEE S M, LEE S M, et al. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) reared under optimum salinity and temperature conditions[J]. Aquaculture nutrition, 2005, 11(4): 235-240.
- [20] 丁月, 陶宁萍, 魏志宇, 等. 养殖博氏(鱼芒)肉营养成分的分析及评价[J]. 水产学报, 2015, 35(12): 1857-1864.
- [21] 马旭洲, 温旭, 王武. 野生与人工养殖瓦氏黄颡鱼肌肉营养成分及品质评价[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(1): 26-31.
- [22] 王伟, 陈立乔, 顾志敏, 等. 六个群体翘嘴红鲌肌肉生化组成的比较[J]. 水产学报, 2007, 31(S1): 92-99.
- [23] 袁立强, 李伟纯, 马旭洲, 等. 瓦氏黄颡鱼肌肉营养成分的分析和评价[J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(5): 391-396.
- [24] 陈锦云, 曹振东, 谢小军. 温度对瓦氏黄颡鱼幼鱼静止代谢的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2003, 28(4): 618-621.

(上接第 29 页)

种一代皮棉产量中亲优势倾向取较大值或较小值, 相反后者倾向取值大小聚集于平均值附近。从分子角度看, 杂种一代与单株成铃数有关的基因位点同质性较高或与铃重均匀度有关的基因位点杂合度较高时, 皮棉产量中亲优势变异性较大。这表明上位性效应对杂种优势有显著影响, 铃重均匀度和单株成铃数是与杂种优势有关的敏感性状, 而相关的基因位点是敏感位点, 这为从分子角度进一步研究棉花杂种优势提供了切入点。研究表明, 棉花衣分的中亲优势较小, 而且单株成铃数与平均铃重中亲优势存在负相关<sup>[3,6]</sup>, 容易从数学上得出, 在绝大多数情况下, 棉花皮棉产量中亲优势与单株成铃数和平均铃重中亲优势之和近似相等或高度相关。但以往很多报道都未发现二者的相关性, 原因除试验误差外, 最主要是将中部铃重代替了平均铃重, 可见中部铃重作为棉花皮棉产量构成因子是不严谨的, 中部铃重仅为棉花营养生长和生殖生长较为协调、外部光温条件最优时段的铃重, 它与构成产量因子的平均铃重相关性很小或无相关性, 铃重均匀度与全株铃重相对于中部铃重平均减小幅度有关, 比平均铃重包括更多确定的遗传信息, 它与棉花根系功能、植株叶片大小、果枝、果节长短等构成的群体光照结构、早熟性、成铃快慢、后期早衰程度、抗逆性等方面有关。因此, 在棉花产量遗传研究中, 引入此性状极其必要, 而且其他作物也存在类似性状, 如水稻稻穗一次枝梗与二次枝梗粒重亦存在差异。水稻单位面积穗数和结实率对穗粒重杂种优势贡献较大, 与结实率相比, 粒重均匀度形成时期更长, 与之相关的水稻生理特性更多, 包括剑叶功能期长短、碳水化合物的转运、根系后期功能等方面。粒重均匀度可能比结实率有更为重要的研究意义。可见, 应重视铃重均匀度、粒重均匀度及其他作物类似性状在品种资源收集、评价及利用中的重要意义和价值。另外, 双亲结铃性相近且均较强时, 杂种一代产量中亲优势反而显著减小, 这可能与杂种一代结铃性增加、空间变小有关。

### 3 结论与讨论

截至目前, 作物杂种优势的预测尚未在生产实践中利用, 应用该研究结果, 可以寻找与杂种优势有敏感关系的性状或基因位点, 采用适当的方法, 使杂种一代产量中亲优势大小分布在更宽的区间, 从而选育出强优或超强优杂种一代。如可以适当增加棉花亲本群体铃重均匀度的分布范围或变异度, 或者采用不完全双列杂交等方法, 扩大组间铃重均匀度差异, 均可以使杂种一代产量中亲优势广泛变异。由于生产上关注竞争优势, 对棉花双亲的单株成铃性差异可适当放宽。就该试验而言, 假定首先去除 2 个结铃低于最大值 65% 的亲本, 然后按铃重均匀度亲本值之比大于 1.1 配制组合, 符合条件的有 11 个组合, 可见刘芦苇<sup>[6]</sup>配制的 36 个组合中产量竞争优势前 3 位都包括在其中, 但工作量减少了 70%。再引入一个实例, 仍按上述方法, 去除 3 个结铃很差的亲本, 配制 8 个杂交组合, 余丽霞<sup>[3]</sup>配制的 26 个组合中 2 个竞争优势最强的杂种一代已包含在上述 8 个组合中, 工作量减少了 70%。最重要的是可以利用现有品种资源, 利用此原理更多更快地获得强优和超强优杂种一代。

该研究分析是 2 年平均值, 虽未基于任何遗传模型, 计算方法也较为简单, 但不影响结论可靠性和适用性。在不同的栽培环境下, 如在早熟或特早熟棉区, 结论是否完全相同, 所涉及的原理是否适用, 有待进一步验证。

### 参考文献

- [1] 杨代刚, 马雄风, 周晓箭, 等. 陆地棉配合力与杂种优势、遗传距离的相关性分析[J]. 棉花学报, 2012, 24(3): 191-198.
- [2] 邢朝柱, 喻树迅, 郭立平, 等. 不同生态环境下陆地棉转基因抗虫杂交棉遗传效应及杂种优势分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(5): 1056-1063.
- [3] 余丽霞. 陆地棉主要经济性状的遗传及杂种优势研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [4] 应雯. 水稻 SSR 分子标记遗传距离与产量杂种优势相关性研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2009.
- [5] 张义荣, 姚颖垠, 彭惠茹, 等. 植物杂种优势形成的分子遗传机理研究进展[J]. 自然科学进展, 2009, 19(7): 697-703.
- [6] 刘芦苇. 转基因抗虫棉主要经济性状的遗传效应及其杂种优势的分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.