

大叶栎种子性状与苗期生长地理种源变异*

Geographical Provenance Variation of Seed Character and Seedling Growth of *Castanopsis fissa*

李 春¹, 樊东函¹, 梁 机^{1*}, 廖才生², 陈永林³

LI Chun¹, FAN Dong-han¹, LIANG Ji^{1*}, LIAO Cai-sheng², CHEN Yong-lin³

(1. 广西大学林学院, 广西南宁 530005; 2. 广西高峰林场, 广西南宁 530001; 3. 广西灵山县平山林场, 广西灵山 535400)

(1. Forestry College of Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530005, China; 2. Guangxi Gaofeng Forestry Centre, Nanning, Guangxi, 530001, China; 3. Lingshan Pingshan Forestry Centre, Lingshan, Guangxi, 535400, China)

摘要: 为研究大叶栎 (*Castanopsis fissa*) 种子和苗木生长的种源差异及其地理变异模式, 利用来自广西、广东、云南、湖南、贵州、江西 6 省(区) 21 个大叶栎种源开展苗期测定试验。观测种子的大小、百粒重、苗高、叶片数等性状并进行相关分析、方差分析和聚类分析。结果显示, 不同种源间种子和幼苗生长差异均达到显著或极显著水平, 纵径、横径、百粒重、苗高的变异系数分别是 22.43%、23.32%、75.33%、33.85%, 广义遗传力分别为 0.986、0.984、0.999 和 0.949, 种源生长受中等以上遗传控制。除百粒重与降水量呈显著负相关, 叶片数与日照时数、年均温呈显著负相关外, 其他性状与地理气候因子相关性不显著。聚类分析筛选出贵州黎平、广西昭平等 8 个苗期表现优良的种源, 其苗高的表型增益和遗传增益分别达到了 37.41%、35.50%。种源选择的增产效果十分明显。

关键词: 种源 种子性状 苗期 变异 大叶栎

中图分类号: S792.99 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2009)02-0210-05

Abstract Provenance trails including 21 provenances, introduced from Guangxi, Yunnan, Guangdong, Hunan, Jiangxi and Guizhou provinces, was used to study geographic variation pattern of seed character and seedling growth. Seed and seedling characters including seed length, seed width, 100-grain weight et al were analyzed. The variance analysis result showed that differences between seed and seedling characters from 21 provenances all reached the significant or extremely significant level. The genetic variation coefficients of seed length, seed width, 100-grain weight, seedling height were 22.43%, 23.32%, 75.33%, 33.85% and the broad-sense heritability were 0.986, 0.984, 0.999 and 0.949. Seed and seedling characters had high heredity ability. Correlation analysis of result suggested that negative correlation was highly significant between One-hundred-grain Weight with rainfall. Between the quantity of leaves and annual average temperature, between the quantity of leaves and sunshine duration both showed significant negative correlation. Clustering analysis result showed that 8 provenances including Liping in Guizhou province, Zhaoping in Guangxi province, et al, were super, their average phenotype gains and genetic gains of seedling height were 37.41% and 35.50%. The volume output of the super provenances was significant.

Key words provenance, seed character, seedling growth, variation, *Castanopsis fissa*

大叶栎 (*Castanopsis fissa*) 又名黧蒴栲、闽粤栲、裂壳锥。为壳斗科栲属常绿高大乔木, 属该科中生长最迅速的一种, 也是营建新材林、防火林、工业原料林、菇木林等的优良树种。该树种主要分布于我国的广西、广东、江西、福建、湖南南部、贵州南部、云南东

南部等。作为重要的用材和生态树种, 对大叶栎展开多方面的研究, 能起到丰富人工林材种组成、丰富森林群落、改善生态系统的重要作用。对该树种的生长量变异规律、优良单株选择及人工造林等研究已有了报道, 湖北、浙江也进行了大叶栎引种试验^[1-4]。但是对大叶栎地理变异规律方面的研究目前仍较少。本试验以来自广西、广东、云南、湖南、贵州、江西省(区) 21 个大叶栎种源的种子性状、苗期生长量为依据, 探讨大叶栎种子性状和幼苗生长的种源差异和地理变异

收稿日期: 2008-11-17

作者简介: 李 春 (1984-), 男, 硕士, 主要从事林木遗传育种研究。

* 广西“十一五”林业科学研究项目 (200609) 资助。

* * 通讯作者。

模式,并根据苗木生长量初步筛选出优良种源供生产应用

1 材料和方法

1.1 实验材料

参试的大叶栎种子采自广西、广东、云南、湖南、贵州、江西等 6 个省份的 21 个种源,其中,来自广西的种源有田东 (TD)、北流 (BL)、苍梧 (CW)、南宁 (NN)、隆安 (LA)、平果 (PG)、融安 (RA)、蒙山 (MS)、昭平 (ZP) 9 个市县,来自广东的种源是信宜 (XY)、怀集 (HJ)、罗定 (LD)、封开 (FK)、韶关 (SG)、英德 (YD)、翁源 (WY) 7 个种源,来自湖南的种源有通道 (TD)、道县 (DX),来自云南的种源有屏边 (PB),来自江西和贵州分别都只有一个种源,分别是江西龙南县 (LN) 和贵州黎平县 (LP)。各种源的地理气候如表 1 所示

表 1 大叶栎种源地理气候

Table 1 Geography-climate factors of provenances

编号 Num ber	种源 Prove- nance	纬度 Latitude (°)	经度 Longi- tude(°)	平均温 Ave- rage tempe- rature	降水量 Preci- pitation (mm)	日照时数 Glohal solar radiation (h)
1	TD	23.62	107.12	21.9	1167.0	1869.0
2	BL	22.71	110.33	21.0	1627.0	1795.0
3	CW	23.51	111.22	21.0	1485.0	1835.9
4	NN	22.84	108.33	21.7	1310.0	1797.9
5	LA	23.18	107.68	21.7	1286.0	1797.9
6	PG	23.33	107.59	22.1	1619.4	1313.8
7	RA	24.24	109.37	19.0	1942.5	1119.3
8	MS	24.22	110.54	19.7	1738.7	1591.1
9	ZP	24.18	110.80	19.8	2046.0	1518.0
10	LP	26.20	109.19	15.1	1391.5	1317.9
11	LN	24.55	114.82	18.9	1509.7	1782.8
12	TD	26.14	109.79	16.3	1403.5	1400.4
13	DX	25.34	111.36	19.0	1503.0	1600.0
14	XY	22.36	110.90	22.2	1945.5	1814.7
15	HJ	23.93	112.18	20.8	1785.4	1828.1
16	LD	22.46	111.33	20.0	1400.0	1673.4
17	FK	23.45	111.48	21.2	1546.6	1441.8
18	SG	24.84	113.37	20.5	1800.0	1589.0
19	YD	24.10	113.32	21.1	1837.2	1631.7
20	WY	24.36	114.13	20.3	1832.7	1773.0
21	PB	22.68	103.41	16.5	1650.0	1555.0

1.2 试验地概况

育苗试验地设在广西大学邕武校区老林学院的苗圃,位于北纬 22°49',东经 108°21',在北回归线约 56km 处。大部分地区土层深厚,表土却薄,土壤坚实,酸性。2006 年 2 月 7 日播种育苗,试验按照完全随机区组设计,4 次重复,40 株/个小区。苗期除草、施肥、间苗、灌溉等按正常生产进行管理。

1.3 数据收集与分析

每个种源各随机抽取 50 粒种子,在实验室用电子游标卡尺测量其纵径及横径,单位是 cm,精确到

0.01cm;同时用天平称量各种源种子的百粒重,单位是 g

2006 年 5 月 10 日进行苗期调查,每试验小区量测 10 株长势中等苗木的苗高及叶片数。使用 SPSS 11.5 软件对种子的大小、百粒重、苗高、叶片数等性状进行相关分析、方差分析等统计分析。遗传力、变异系数计算公式^[5,6]如下:

$$\text{家系遗传力 } h^2 = \frac{Mf - Mfb}{Mf} = 1 - 1/F,$$

$$\text{变异系数 } g_{cv} = (\frac{c_g}{\bar{X}})^{1/2} / X,$$

$$\text{表型增益 } G = (S/X) \times 100\%,$$

$$\text{遗传增益 } \Delta G = (S \times h^2 / X) \times 100\%,$$

F 为种源方差与机误方差的比值, c_g 为遗传方差, X 为种源平均值, S 为选择差

2 结果与分析

2.1 种子性状差异分析

结合表 2 和表 3 分析可知,大叶栎各种源间的种子性状都表现出极显著差异。纵径变异幅度为 1.10 ~ 1.76cm,纵径最大的种源广西隆安种比最小种源湖南道县长 1.57 倍;横径变异幅度为 0.87 ~ 1.44cm,横径最大的种源广东罗定为最小种源湖南道县的 1.67 倍;百粒重变异幅度较大,为 41.3 ~ 214.2g,百粒重最小的种源湖南道县仅是最大种源广西田东种的 0.19 倍。对大叶栎种子性状的遗传参数进行估算显示,纵径、横径、百粒重的变异系数分别是 22.43%、23.32%、75.36%,广义遗传力分别为 0.986、0.984、0.999,各种源种子性状基本受遗传控制,有较高的选择改良潜力。

2.2 不同种源苗期生长差异

由方差分析结果(表 4)可以看出,不同地理种源的大叶栎苗高、叶片数均达到了极显著差异水平,这说明其地理种源间的遗传分化显著,优良种源的选择潜力很大。苗高变异系数为 33.85%,变异幅度为 7.8 ~ 15.5cm,其中以贵州黎平种源表现最突出,广西南宁种源表现最差,两者相差 1.99 倍。叶片数量变异系数则较小,仅为 4.44%,变异幅度是 3.8 ~ 5.1,叶片数最多的种源广西平果是叶片数最少种源广西隆安的 1.34 倍。对苗高、叶片数的种源遗传力进行估算,得出两性状的遗传力分别是 0.949 和 0.534,表明种源生长受中等以上遗传控制,可见不同大叶栎群体间存在极显著的遗传分化,而且生长性状具有较高的遗传力。结合表 2 苗高生长量的表现可以看出,贵州黎平、广东怀集、广东罗定 3 个种源在苗期生长最优,属苗期优良种源。

表 2 大叶栎各种源种子和幼苗性状

Table 2 Seed and seedling characters of different provenances

编号 Number	种源 Provenance	纵径 Seed length (cm)	横径 Seed width (cm)	纵横比 l/w ratio	百粒重 100-grain weight (g)	苗高 Seedling height (cm)	叶片数 Leaf number
1	TD	1.74 ^{Aa}	1.43 ^{Aa}	1.21	214.2 ^{Aa}	10.3 ^{FGH}	4.3 ^{ABc}
2	BL	1.29 ^{CHgh}	1.07 ^{Hhi}	1.21	89.8 ^{Bb}	10.5 ^{FG}	4.5 ^{ABab}
3	CW	1.35 ^{FGH}	1.21 ^{EEff}	1.12	167.6 ^{Ee}	10.1 ^{FGH}	4.3 ^{ABc}
4	NN	1.27 ^{Hhi}	1.16 ^{FGfg}	1.09	91.0 ^o	7.8 ^J	4.4 ^{ABab}
5	LA	1.76 ^{Aa}	1.39 ^{ABab}	1.26	178.9 ^o	10.9 ^{DEFG}	3.8 ^{Bc}
6	PG	1.53 ^{BCc}	1.33 ^{BCDcd}	1.15	158.3 ^{Hh}	10.6 ^{FG}	5.1 ^{Aa}
7	RA	1.38 ^{EFGf}	1.27 ^D	1.08	126.6 ^{Jj}	8.5 ^{HJhi}	4.8 ^{Aab}
8	MS	1.46 ^{CDI}	1.30 ^{CDde}	1.12	152.3 ^I	12.0 ^{DEEef}	4.5 ^{ABab}
9	ZP	1.25 ^j	0.97 ^J	1.26	71.0 ^h	13.8 ^{ABc}	4.8 ^{Aab}
10	LP	1.59 ^{Bb}	1.28 ^{CDde}	1.24	163.4 ^H	15.5 ^{Aa}	4.8 ^{Aab}
11	LN	1.56 ^{Bbc}	1.36 ^{BCbc}	1.15	185.5 ^G	10.9 ^{DEFG}	4.8 ^{Aab}
12	TD	1.27 ^{Hhi}	1.18 ^{FGf}	1.08	116.2 ^{LI}	10.2 ^{FGH}	4.8 ^{Aab}
13	DX	1.10 ^j	0.87 ^k	1.28	41.3 ^{It}	10.3 ^{FGH}	4.8 ^{Aab}
14	XY	1.40 ^{DEEef}	1.11 ^{Ghghi}	1.25	101.5 ^{Nn}	13.1 ^{BCde}	4.3 ^{ABc}
15	HJ	1.34 ^{FGHfg}	1.07 ^{FGf}	1.25	120.6 ^{Kk}	14.3 ^{ABab}	4.3 ^{ABc}
16	LD	1.48 ^{CDI}	1.44 ^{BCDcd}	1.03	195 ^{Bb}	13.5 ^{BCde}	4.6 ^{ABab}
17	FK	1.29 ^{CHgh}	1.07 ^{Hhi}	1.21	72.2 ^{Qr}	12.2 ^{DEEdf}	4.5 ^{ABab}
18	SG	1.59 ^{Bb}	1.29 ^{CDde}	1.24	160.5 ^{Gg}	9.5 ^{GHgh}	4.6 ^{ABab}
19	YD	1.45 ^{DEde}	1.18 ^{FGf}	1.22	79.2 ^{Rt}	12.7 ^{BCDde}	4.5 ^{ABab}
20	WY	1.39 ^{DEff}	1.18 ^{FGgh}	1.17	104.3 ^{Mm}	10.4 ^{FG}	4.6 ^{ABab}
21	PB	1.55 ^{BCc}	1.01 ^{Hi}	1.54	87.4 ^{Rt}	9.7 ^{GHgh}	4.8 ^{Aab}

* 大、小字母分别为 Duncan 检验的 0.01 和 0.05 水平显著性。The capital letter and small letter of English express significance at 0.01 and 0.05 level of Duncan test, respectively.

表 3 大叶栎各种源种子性状方差分析及遗传参数

Table 3 Variance analysis and genetic parameter of seed characters

项目 Item of deter- mination	因子 Factor	纵径 Seed length (cm)		横径 Seed width (cm)		百粒重 100-grain weight (g)	
		MS	F	MS	F	MS	F
方差 因子 Variance factor	种源间 In provenances (df= 20)	10.967	70.11 ^{**}	8.226	63.82 [*]	9230.656	16426.51 ^{**}
	区组间 In groups (df= 3)	1.535	9.82 [*]	1.016	7.88 [*]	21.912	38.99 ^{**}
	误差 (df= 60)	0.156		0.129		0.562	
遗传 参数 Genetic parameter	X	1.47		1.22		127.48	
	gcv (%)	22.43		23.32		75.36	
	h ²	0.986		0.984		0.999	

种源间: ** , $F > F_{0.01}(2.20)$; * , $F > F_{0.05}(1.75)$; 区组间: ** , $F > F_{0.01}(4.13)$.

* * express $F > F_{0.01}(2.20)$ in provenances, * express $F > F_{0.05}(1.75)$ in provenances, ** express $F > F_{0.01}(4.13)$ in groups.

2.3 苗期性状与种子性状、气候因子间的相关分析

表 5 结果表明,各性状间的相关系数较小,即种子形态和百粒重对苗木生长无显著影响,不能依据种子性状预测苗木生长情况。纵径、横径和百粒重相互间存在着极显著正相关关系(相关系数 r 分别为 0.771 0.776 0.916),表明种子的百粒重性状受横、纵径影响很大,而且有随着纵径、横径的增大而显著递增趋势。纵径、横径两性状与地理气候因子间的相

关性均未达到显著水平。百粒重除与降水量呈显著负相关外 ($r = -0.457$),与其他地理气候因子间的相关性均未达到显著水平。对幼苗性状和地理因子进行相关分析发现,苗高和各地理因子间的相关性均未达到显著水平。叶片数与日照时数相关性最高,达极显著水平 ($r = -0.691$),与年均温为显著性负相关关系 ($r = -0.516$)。

表 4 大叶栎各种源苗高生长及叶片数方差分析及遗传参数

Table 4 Variance analysis and genetic parameter of seedling characters

项目 Item of determination	因子 Factor	苗高 Seedling height (cm)		叶片数 Leaf number	
		MS	F	MS	F
方差因子 Variance factor	种源间 In provenances (df= 20)	15.333	19.61 [*]	0.017	2.15
	区组间 In groups (df= 3)	3.282	4.20 [*]	0.006	0.72
	误差 (df= 60)	0.782		0.008	
遗传参数 Genetic parameter	X	11.27		2.13	
	gcv (%)	33.85		4.44	
	h ²	0.949		0.534	

种源间: ** , $F > F_{0.01}(2.20)$; * , $F > F_{0.05}(1.75)$; 区组间: ** , $F > F_{0.01}(4.13)$; * , $F > F_{0.05}(2.76)$ 。大叶栎苗木叶片数量作 $Y = (Y)^{1/2}$ 的变换。

* * express $F > F_{0.01}(2.20)$ in provenances; * express $F > F_{0.05}(1.75)$ in provenances; ** express $F > F_{0.01}(4.13)$ in groups; * express $F > F_{0.05}(2.76)$ in groups. Data of leaf number change from Y into $(Y)^{1/2}$.

表 5 大叶栎各种源幼苗性状与种子性状相关分析

Table 5 Correlation analysis table for seed and seedling characters

	苗高 Seedling height	叶片数 Leaf number	纵径 Seed length	横径 Seed width	百粒重 100-g rain weight	纬度 Latitude	经度 Longitude	平均温 Average temperature	降水量 Precipi- tation	日照时数 Global solar radiation
苗高 Seedling height	1									
叶片数 Leaf number	- 0.035	1								
纵径 Seed length	0.052	- 0.271	1							
横径 Seed width	- 0.041	- 0.184	0.771*	1						
百粒重 100-g rain weight	0.040	- 0.206	0.776*	0.916*	1					
纬度 Latitude	0.141	0.399	- 0.114	- 0.053	- 0.027	1				
经度 Longitude	0.262	- 0.004	- 0.281	- 0.020	- 0.068	0.301	1			
平均温度 Average temperature	- 0.174	- 0.516	0.036	0.139	0.074	- 0.634*	0.171	1		
降水量 Precipitation	0.187	0.255	- 0.034	- 0.412	- 0.457*	- 0.021	0.353	0.071	1	
日照时数 Global solar radiation	0.027	- 0.691*	0.124	0.027	0.131	- 0.436*	0.210	0.504	- 0.234	1

** 相关系数达到 0.01 的显著水平; * 相关系数达到 0.05 的显著水平. ** , * express significance at 0.01 and 0.05 level of relevant coefficient.

2.4 种源间的聚类分析

采用欧式距离法对 21 个种源进行聚类分析的结果见图 1 因种子性状对苗期生长无显著影响,所以以苗高、分枝数为聚类指标。

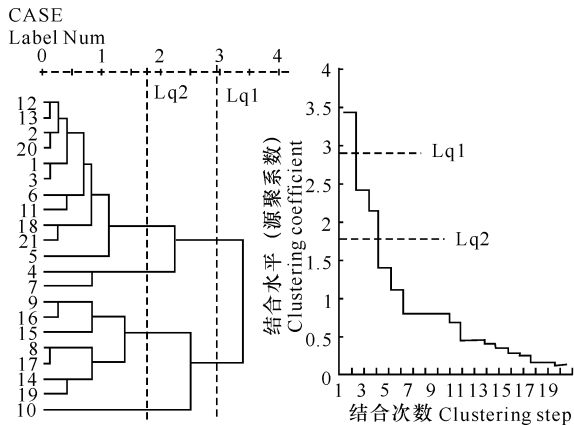


图 1 21 个种源聚类分析结果

Fig. 1 Hierarchical Cluster analysis of 21 provenances

为此以类群聚合水平为纵坐标,聚合次数为横坐标,将全部聚合过程描画成一条阶梯式的折线,除去末端的飞跃外,发现在第 1 次聚合之间出现明显的跳跃,取跳跃位置的中点作结合线 (combined-line) Lq1^[7]。同理在第 3 次跳跃处取 Lq2 如从 Lq1 处划分,可将种源分为两大类,一类是以贵州黎平和广西昭平为代表的 8 个种源,另一类是湖南道县为代表的 13 个种源。如从 Lq2 处划分,可分为 4 大类群 贵州黎平单独为一类,其苗高、叶片数两项指标在所有种

源中属最佳,为最优良种源 广西昭平、广东罗定、广东怀集、广西蒙山等 7 个种源为第二类,这类种源生长较好,苗高、叶片数仅次于第一类种源,属优良种源;湖南通道、湖南道县、广西北流、广西隆安、广东韶关、云南屏边等 11 个种源为中等种源;广西南宁、融安的苗高、叶片数两性状最差,为最差种源。

将种源分为 4 大类,并对第一、第二类种源进行评估的结果 (表 6) 表明,一、二类种源的苗高增益显著,其表型增益分别是 37.4%、16.01%,遗传增益分别达到了 35.50%、15.19%。种源选择的增产效果十分明显,并反映出该类种源在栽培地具有较好的生态适应性。

表 6 优良种源选择增益

Table 6 Genetic gain of superior provenances

种源 Provenance	生长指标 Factor	均值 Average	G (%)	△ G (%)
第一类 First	苗高 Seedling height(cm)	15.5	37.41	35.50
	叶片数 Leaf number	4.80	5.26	2.81
第二类 Second	苗高 Seedling height(cm)	13.09	16.01	15.19
	叶片数 Leaf number	4.50	- 1.32	- 0.70
平均值 Average	苗高 Seedling height(cm)	11.28		
	叶片数 Leaf number	4.56		

3 结束语

在参试的 21 个种源中,广西田东的种子最大,百粒重也最大,种子大小和百粒重最小的都是湖南道县的种子。对大叶栎种子和苗木性状进行方差分析和遗传参数估算的结果表明,不同地理种源的种子性状和苗期生长均达到极显著差异水平。纵径、横径、百粒重、苗高、叶片数的变异系数分别是 22.43%、23.32%、75.33%、33.83%、4.44%,广义遗传力分别为 0.986、0.984、1.0、0.949 和 0.534,种源生长受中等以上遗传控制。种源间存在的丰富变异为进一步开展地理种源造林试验和优良种源选择提供了研究基础。

相关性分析显示,种子性状对苗期生长无显著影响。这与张清等人研究结果相似,即栎属不同种源家系间种子重量和苗期生长无显著相关,种子重的生长反而差^[8,9]。百粒重与降水量呈显著负相关,纵径、横径和百粒重相互间存在着极显著正相关关系。苗期叶片数与日照时数呈极显著性负相关,与年均温为显著性负相关关系。

初步进行聚类分析得知,21 个种源可以分为 4 大类群,贵州黎平、广西昭平、广东罗定等 7 个种源是表现优良的种源。优良种源的遗传增益显著,具有很好的生长潜力,然而本试验只是以苗期生长的苗高、叶片数为指标评选出优良种源,树龄尚小,有可能此时各种源遗传性状尚未得到充分表达与稳定,这些早期表现优良的性状是否与晚期相关尚需进一步作观测,但是这些结果对后续研究奠定了重要基础。

此外,本研究只分析了广西大学林学院苗圃的苗

期生长数据,试验结果只能代表大叶栎不同种源在该地区或类似环境的生长情况。在下一步的造林试验时应选取多个有代表性的实验地点,才能为广西选出不同培育目标的种源。

参考文献:

- [1] 詹怀宇,岳保珍,张旭坊,等.黎蒴栲纤维形态及制浆漂白性能的研究[J].广东造纸,1998(2): 1-4.
- [2] 黄寿先,李耀斌,周传明,等.广西苍梧县大叶栎生长量变异规律的初步研究[J].广西林业科学,2001(6): 41-44.
- [3] 郑兰英,史玉虎,石鹏皋,等.湖北省闽粤栲引种试验初报[J].湖北林业科技,2003(2): 19-22.
- [4] 王军峰,柳新红,何林,等.闽粤栲种源引种苗期试验初报[J].江西林业科技,2006(4): 13-14.
- [5] 沈熙环.林木育种学[M].北京:中国林业出版社,1990: 55-70.
- [6] 黄利斌,李晓储,张定瑶,等.落羽杉地理种源变异与选择[J].林业科学研究,2007,20(4): 447-451.
- [7] Chen S L, Xu K X, Sheng G Y. Exploring quantitative taxonomy and taxonomic grade in eurychonic bamboo in China [J]. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报), 1983, 21(2): 114-119.
- [8] 汪企明,李晓储,黄利斌,等.美国栎属种源引种、变异研究: 种子及苗期生长变异[J].江苏林业科技,1999, 26(1): 1-6.
- [9] 张清,陈建华.闽粤栲在紫色土地生长的调查研究[J].福建林业科技,2000, 27(2): 79-81.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 205 页 Continue from page 205)

影响下,小规格对虾的收购价低于成本价,出现超高产但是规格小的养殖户亏损现象。而本养殖产品由于个体大,价格较小规格对虾高,能获得较好的经济效益。因此推广大规格对虾养殖,保障养殖水产品食用安全,将有利于对虾养殖业的持续健康发展。

参考文献:

- [1] 吴琴瑟.南美白对虾养殖现状与发展对策[J].科学养鱼,2006(10): 1-2.
- [2] 刘桂芳.大规格南美白对虾的健康养殖[J].上海农业科技,2007(1): 63.

- [3] 文国樑,李卓佳,梁耀祥,等.大规格优质成品对虾养殖技术试验[J].齐鲁渔业,2004, 21(8): 18-20.
- [4] 李卓佳,陈永青,文国樑,等.大规格优质对虾养殖技术[J].渔业现代化,2005(1): 7-10.
- [5] 牟乃海.中国对虾超大规格超高效益养殖技术[J].河北渔业,2001, 117(3): 15.
- [6] 陈振声.抗病毒亲虾繁育的大规格南美白对虾卖高价[J].水产科技情报,2005, 32(2): 94.

(责任编辑: 邓大玉)