

羊栖菜“鹿丰 1 号”人工选育及养殖中试

李生尧^{1,2} 许曹鲁² 李建榜² 姚建亭³ 刘吉东³ 段德麟^{3*}

(¹浙江省洞头县鹿丰羊栖菜研究所 温州 325700)

(²浙江省洞头县水产科学技术研究所,温州 325700)

(³中国科学院海洋研究所,青岛 266071)

摘要 为解决羊栖菜养殖生产需要的优良种苗,经过 10 多年努力,采用有性繁殖方式,进行定向选育,获得羊栖菜“鹿丰 1 号”。该优质羊栖菜的主要性状是:枝叶粗壮繁茂、气囊产生早、颗粒大、产量高,经过 8 年的养殖及检验,目标性状表现稳定,附苗总面积达到 1 912 m²,培育出苗 59.3 hm²,总产量 383.746 t,平均产量 6 471 kg/hm²。目前,该选育的羊栖菜已在温州地区的洞头县和苍南县以及山东部分海域进行了养殖中试,选育性状表现稳定,养殖产量高,为羊栖菜良种化的实现打下基础。

关键词 羊栖菜 遗传选育 鹿丰 1 号 养殖

中图分类号 S968.42⁺⁵ **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)02-0088-07

Selection, artificial breeding and cultivation of *Hizikia* “Lu Feng No. 1”

LI Sheng-yao^{1,2} XU Cao-lu² LI Jian-bang²
YAO Jian-ting³ LIU Ji-dong³ DUAN De-lin^{3*}

(¹Dongtou *Hizikia* Research Institute, Wenzhou 325700)

(²Dongtou Fishery Science and Technology Research Institute, Wenzhou 325700)

(³Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura is a kind of important brown macroalga for cultivation in China. For sustainable development of commercial farming of *H. fusiformis*, a stable, efficient and practical seedling production technique and good strains needs to be developed. Selection and breeding of excellent strains is the trends in commercial seaweeds cultivation in China, especially for *H. fusiformis* (Harvey) Okamura. To meet the needs of good seeding supplying in *Hizikia* culture, good quality and high yield of *Hizikia* “Lu Feng No. 1” was selected and bred continuously by sexual reproduction for over 8 years practice. Through many years of breeding and cultivation tests, “Lu Feng No. 1” showed the following main characters, the thallus is thick and flourishing; the large neumathodes form earlier and with high yield. So far, the selected strain has been cultivated in Cangnan and Dongtou County of Wenzhou and in some areas of Shandong province, and the selective characteristics were stable and the production was high. The success in breeding of “Lu Feng No. 1” has provided a basis for the application of good strains in *H. fusiformis* cultivation.

洞头县科技计划项目(N2006Y11B)、温州市海洋与渔业专项资金[(2008)122]和国家自然科学基金项目(40618001)共同资助

* 通讯作者。E-mail: dlduan@ms.qdio.ac.cn

收稿日期:2008-01-17;接受日期:2009-07-28

作者简介:李生尧(1950-),男,高级工程师,主要从事海藻养殖应用推广与研究。E-mail: lsy4111@sina.com

KEY WORDS *Hizikia fusiformis* Selection and breeding Lu Feng No. 1
Cultivation

羊栖菜 *Hizikia fusiforme* (Harv) Okamura 隶属褐藻门 Phaeophyta, 圆子纲 Cyclosporeae, 墨角藻目 Fucales, 马尾藻科 Sargassaceae, 羊栖菜属 *Hizikia*, 是太平洋西部特有的种, 属多年生温暖性海藻, 在我国北起辽东半岛、南至广东雷州半岛均有生长, 尤其以浙江与福建沿海岛屿分布广泛, 为潮间带底栖海藻的优势种类。此外在日本、韩国及朝鲜海域均有分布(曾呈奎 1962; 阮积惠等 2001)。

我国羊栖菜的养殖起始于 20 世纪 80 年代, 在浙江省温州市洞头县开展了探索性养殖, 经过几年的实践, 获得养殖成功, 目前该地区已成为我国羊栖菜育苗、养殖、加工及出口的重要基地(孙建璋等 1996; 叶晓园等 2008), 2003 年被中国优质农产品开发服务协会命名为“中国羊栖菜之乡”。

随着羊栖菜的产业不断发展, 养殖规模的扩大, 以采集野生羊栖菜种群作为苗种进行养殖, 必然导致羊栖菜自然资源减少, 导致浙江洞头列岛及周边海域的羊栖菜自然资源濒临灭绝。因此, 如何攻克羊栖菜人工选育技术, 获得优质种菜, 实现人工繁育并获得优质种苗, 满足养殖及加工的需求, 是目前该领域亟需解决的课题。

国内外有关羊栖菜的遗传选育研究及应用尚未见报道。在有性繁殖方面, 利用全人工育苗技术始于 20 世纪 80 年代中期。其中, 山东荣成石岛海带育苗场、浙江苍南县水产研究所和洞头县水产研究所等单位先后开展了羊栖菜繁育研究和小规模中试。特别在对羊栖菜自然生态环境中的性成熟时间、人工采苗技术、幼孢子的生长规律、卵子和精子的排放、受精过程以及利用同步受精技术进行种苗繁育等方面开展了诸多工作(石岛海带育苗场 1988; 孙建璋等 1996; 李生尧 1996、2001; 逢少军等, 2000、2001; Pang *et al.* 2006、2007; 张展等 2002)。韩国在羊栖菜有性繁殖及人工育苗和养殖方面也做了大量工作, 但利用羊栖菜有性繁殖方式进行人工育苗技术等方面仍需要改进(Chul 1993; Hwang *et al.* 1994)。

前期由于羊栖菜养殖生产苗种严重短缺, 洞头养民北上辽宁、山东, 南下广东、福建, 甚至前往日本、韩国等地采集野生羊栖菜作为苗种进行养殖, 导致该地区羊栖菜养殖的品系及遗传背景混杂。根据前期调查结果发现, 来自不同海域的羊栖菜, 其藻体特征及养殖产量和产品品质差异很大(李生尧 2001)。

本研究通过定向选育和有性繁殖技术, 进行优质羊栖菜的筛选和养殖检验, 经过十几年的实践与验证, 获得了优质、高产“鹿丰1号”羊栖菜, 为羊栖菜良种化和发展打下基础。

1 材料与方 法

1.1 育苗地址及中间暂养海域

羊栖菜种菜培育、人工采苗及培育在浙江洞头县鹿西乡东白村羊栖菜育苗基地(27°59'30"N, 121°13'30"E), 幼苗中间暂养和假根渡夏育苗分别在浙江洞头海区和山东馍镬岛及薛家岛海区进行。

1.2 种菜选育及有性繁育

本项工作最早从 1992 年起, 以采集野生羊栖菜为种菜, 通过精卵受精并培育子一代种苗起, 到 1993 年养成 28 株, 最大株高 245 cm, 同时继续以这些种菜用于当年的有性繁殖。从 1995 年起, 初步开始优质羊栖菜的定向选育和养殖检验。从 2001 年起获得优质、高产“鹿丰1号”羊栖菜, 开始记录相关数据, 截止 2008 年, 已累计连续养殖 8 年并繁育了 7 代, 表现出的目标性状养殖检验稳定。

1.3 育苗池及附苗器

羊栖菜育苗池采用露天水泥育苗池, 育苗池规格约为长(20 m)×宽(4 m)×高(0.5 m)。育苗池上方设有框架结构, 采用黑色遮阳布调节光照强度。附苗器为纤维带做成的帘子, 规格为 2 m×0.4 m(图 1)。

1.4 采苗及日常管理

一般于每年 5 月下旬至 6 月, 挑选藻体成熟的优质、高产羊栖菜作为种菜, 经清洗和阴干刺激后, 在池内注

入新鲜沉淀海水,将种菜分散铺设于池内,让受精卵自然脱落,附着于附苗器上;也可将种菜集中于某一池中,等受精卵脱落后用 200 目筛绢收集,然后加水制成孢子体水,均匀泼洒于附苗器上。

幼孢子体附着密度:在山东海区培育一般为 $25\sim 50$ 株/ cm^2 ,在南方浙南海区培育一般要达到 $50\sim 100$ 株/ cm^2 。采苗后,大约经过 36 h,受精卵发育至 $170\ \mu\text{m}$ 左右,并具有 $5\sim 8$ 条长度可达 $150\ \mu\text{m}$ 左右单列透明假根的孢子体(图 2)附着于附苗器上,这时方可移动附苗器,进行清池、换水。

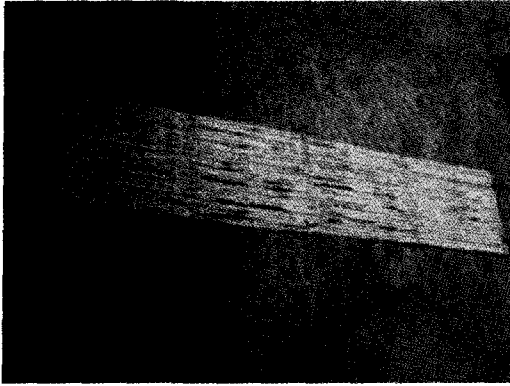


图 1 纤维带状附苗帘
Fig. 1 Fiber belt seedling net



图 2 具有假根幼孢子体
Fig. 2 Juvenile sporophyte with holdfast

1.5 海上中间培养

由于育苗池难以满足羊栖菜幼孢子体生长的需要,因此在池内培育 $7\sim 15$ d 后,苗帘就应下海进行中间培养(图 3)。

1.6 分苗与养殖

当羊栖菜幼孢子体培育到 9 月后,部分幼苗长至 $2\ \text{cm}$ 以上时,进行分苗(图 4),一片附苗器苗帘一般可重复分苗 3 次。浙江南部海区的适宜养殖时间在 $10\sim 11$ 月份,如果早期放养,要密集挂养,以利于清除杂藻和敌害等。



图 3 羊栖菜“鹿丰 1 号”人工苗海区中间培养
Fig. 3 Nursery of *Hizikia* “Lu Feng No. 1” on the sea



图 4 羊栖菜“鹿丰 1 号”培育成苗后的苗帘
Fig. 4 Seedling net with *Hizikia* “Lu Feng No. 1” fronds

2 结果与讨论

2.1 “鹿丰1号”羊栖菜选育过程

从1995年起,选取浙江北部海区自然生长的羊栖菜种群中的优良藻(个)体作为种菜,进行采苗繁育,培养成苗后,再从该繁育群体培养出来的苗种中选取枝叶特征相似、分枝多的藻(个)体进行养殖检验确定,经过6年养殖筛选,分离出性状稳定的新品系(表1)。表1表明从1997年到2000年选育期间,羊栖菜自然苗和人工苗在产量、增产率及气囊出现时间和直径长度等性状的对照结果。2001年将其中一种宽叶型暂命名为“鹿丰1号”羊栖菜(图5),其性状表现是:枝叶粗壮繁茂,气囊产生早、颗粒大,产量高。



图5 羊栖菜“鹿丰1号”幼体

Fig. 5 Seedlings of *Hizikia* “Lu Feng No. 1”

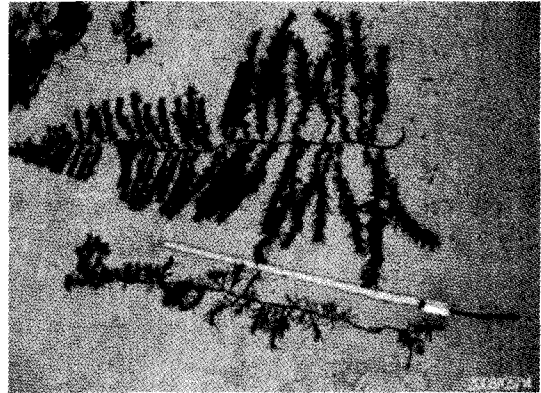


图6 养殖后羊栖菜“鹿丰1号”(上)与自然种苗(下)

Fig. 6 Harvested *Hizikia* “Lu Feng No. 1” (up) and wild type (down) *Hizikia fusiformis*

表1 1997~2000年羊栖菜选育期间性状对照

Table 1 Comparisons of selected *Hizikia* from 1997 to 2000

年份 Year	产量(kg/hm ²) Production (kg/hm ²)		增产率 (%) Production increase (%)	气囊出现的时间 Appearance time of air vesicles		气囊(直径×长度)(mm) Air vesicles (diameter×length) (mm)	
	自然苗 Wild type	人工苗 Selected strains		自然苗 Wild type	人工苗 Selected strains	自然苗 Wild type	人工苗 Selected strains
1997	3 015	4 035	33.8	2月中旬 Mid ten days of Feb.	1月中旬 Mid ten days of Jan.	2.6×23	3.2×26
1998	3 195	4 245	32.8	2月中旬 Mid ten days of Feb.	1月上旬 First ten days of Jan.	2.7×24	3.2×27
1999	3 937	5 812	47.6	2月上旬 First ten days of Feb.	12月下旬 Third ten days of Dec. (1998)	2.8×24	3.3×28
2000	2 625	5 145	96.0	2月中旬 Mid ten days of Feb.	12月中旬 Mid ten days of Dec. (1999)	2.5×23	3.3×27

2.2 采苗时间与附苗

2001~2007年,洞头县鹿丰羊栖菜研究所东白村羊栖菜育苗基地羊栖菜采苗累计32 556片(26 045 m²),培育出苗840 hm²(其中羊栖菜“鹿丰1号”1 912片,养殖59.3 hm²)。表2表示2006年羊栖菜采苗的时间与附苗情况。研究又发现,羊栖菜精卵排放同步性很强,并具有明显的间歇性,但与潮汐大小无关(李生尧 2001)。

表2 2006年羊栖菜人工采苗与采苗时间

Table 2 Seeding collection nets and the collection time in 2006

时间 Date	总采苗量(片) Total seeding nets collection(sheet)	“鹿丰1号”采苗量(片) Seedling nets collection of “Lu Feng No. 1” (sheet)	时间 Date	总采苗量(片) Total seeding nets collection(sheet)	“鹿丰1号”采苗量(片) Seedling nets collection of “Lu Feng No. 1” (sheet)
05-29	301	—	06-26	1 600	—
06-03	160	—	06-28	400	—
06-04	2 300	120	07-01	280	—
06-11	100	—	07-06	600	—
06-13	1 500	340	07-07	880	—
06-18	400	—	合计 Total	10 100	510
06-20	1 850	50			

注:附苗帘规格为2 m×0.4 m

2.3 生长情况检测

从表3可以看出,羊栖菜“鹿丰1号”与野生种苗的对比生长情况,“鹿丰1号”明显优于野生种苗的生长。在养殖过程中,有的藻体株长甚至达到317 cm,株重达到1 929 g。

表3 羊栖菜“鹿丰1号”与野生种苗的生长测定(株长 cm,株重 g)

Table 3 Measurements of growth and weight for *Hizikia* “Lu Feng No. 1” and wild type

测量日期 Date	测量内容 Measurement	1组 Group 1		2组 Group 2	
		鹿丰1号 Lu Feng No. 1	野生苗 Wild type	鹿丰1号 Lu Feng No. 1	野生苗 Wild type
2007-08-30	平均株长 Average length	1.1	1.0	—	—
2007-09-20	平均株长 Average length	2.0	1.7	—	—
2007-11-03	平均株长 Average length	4.98	3.43	—	—
2007-11-23	平均株长 Average length	11.77	9.21	0.68	0.68
2008-01-05	平均株长 Average length	24.43	19.49	3.5	2.1
	平均株重 Average weight	25.3	9.5	1.37	0.51
2008-02-17	平均株长 Average length	38.05	34.58	9.55	8.75
2008-03-01	平均株长 Average length	44.49	40.37	16.92	12.25
	平均株重 Average weight	60.0	36.6	7.33	4.81
2008-05-15	平均株重 Average weight	1 141	403	166.6	40.0
2008-05-31	平均株重 Average weight	—	—	351.6	141.7

2.4 产量对照

羊栖菜“鹿丰1号”自2001年确定选育后,已连续繁育8年,附6苗总面积达到1 912 m²,培育出苗59.3

hm²,总产量(干品)383 746 kg,平均产量 6 476.25 kg/hm²。从表 4 看出,羊栖菜“鹿丰 1 号”的养殖效果表现为产量明显增加。

表 4 2001~2007 年间羊栖菜“鹿丰 1 号”养殖检验结果
Table 4 Field tests of *Hizikia* “Lu Feng No. 1” during the 2001~2007 years’ cultivation

序号 No.	采苗年份 Year	附苗面积 (m ²) Seedling area (m ²)	养殖面积 (hm ²) Cultivation area (Hectare)	产量 (kg/hm ²) Production (kg/hm ²)	未选育种 (kg/hm ²) Wild type (kg/hm ²)	增幅 (%) Increase (%)
1	2001	64	—	—	—	—
2	2002	128	1.0	6 405	3 758	70.45
3	2003	128	2.1	5 812	3 375	72.22
4	2004	192	2.5	6 180	3 993	54.77
5	2005	320	6.3	5 325	2 307	130.81
6	2006	510	10.7	6 795	3 700	83.6
7	2007	570	18.0	6 702	3 825	75.21
8	2008	—	18.7	6 560	2 505	161.85
合计 Total		1 912	59.7	6 468	2 346	64.9

注:2001 年育苗,养殖面积和产量为跨年度统计在 2002 年,以此类推。从表 3 可以清楚地看出,选育种“鹿丰 1 号”羊栖菜品系的产量明显高于未选育种对照组自然苗的养殖产量

表 5 表示 2007~2008 年期间,洞头县鹿丰羊栖菜研究所鹿西试验点中,羊栖菜“鹿丰 1 号”与野生羊栖菜产量的对比结果。如果在环境条件优越的海区养殖,选育种“鹿丰 1 号”最高产量 2006 年曾经达到过 12 675 kg/hm²。

表 5 羊栖菜“鹿丰 1 号”与野生种苗产量的对比
Table 5 Production comparisons of *Hizikia* “Lu Feng No. 1” and the wild type

序号 No.	采苗年份 Seedling collection Year	养殖地点 Cultivation Sites	鹿丰 1 号 Lu Feng No. 1		未选育种对照组 Wild type		鹿丰 1 号 增产率(%) Production Increase of “Lu Feng No. 1”
			面积(hm ²) Area (hm ²)	产量(kg/hm ²) Production (kg/hm ²)	面积(hm ²) Area (hm ²)	产量(kg/hm ²) Production (kg/hm ²)	
1	2006	东白海区 Dongjiu	1.23	8 585	0.52	3 975	115.97
2	2007	东白海区 Dongjiu	1.38	8 753	0.10	3 879	125.65
3	2007	东白海区 Dongjiu	0.001 2	63 468	0.001 2	23 710	167.68

注:(1)未选育种对照组苗种采自浙北舟山列岛的羊栖菜野生种苗;(2)序号 3 为现场验收鲜菜产量

2.5 羊栖菜藻体主要形态特征对比

羊栖菜“鹿丰 1 号”与野生种苗的外部形态特征,不论是在幼苗和养殖后期的成体阶段,其外部形态特征明显不同(图 6 和表 6)。从表 6 中可看出,所选育的羊栖菜其气囊直径和主、侧枝干的直径均明显大于野生种。

表6 羊栖菜“鹿丰1号”(F7)与野生型形态比较(直径mm,长度cm,重量g)
Table 6 Morphological comparisons of *Hizikia* "Lu Feng No. 1"(F7) and the wild type

组号 No. of group	名称 Name	气囊 Air vesicles			主枝 Main branch			侧枝 Lateral branch		
		直径 Diameter	长度 Length	重量 Weight	直径 Diameter	长度 Length	重量 Weight	直径 Diameter	长度 Length	重量 Weight
1组 Group 1	选育种 F ₇ Selected <i>Hizikia</i> F ₇	3.4	2.8	0.043 8	2.8	91	91.2	2.03	20.0	4.4
	野生种 Wild type	2.8	2.2	0.039 4	2.0	81	52.3	1.59	11.5	1.15
2组 Group 2	选育种 F ₇ Selected <i>Hizikia</i> F ₇	3.3	2.6	0.043 6	2.7	62	62.2	2.0	15.0	3.42
	野生种 Wild type	2.2	2.4	0.024 8	2.3	65	16.8	1.7	3.4	0.78

注:(1)选育种 F₇代于2007年6月上旬在鹿西基地采苗后,6月下旬运往山东青岛海区培育,9月中旬在青岛分苗后,于10月中旬运回洞头放养。第1组未选育种于2007年8月底采自舟山东福自然苗,运至山东荣成进行渡夏后,于10月下旬运回洞头海区放养;第2组未选育种于2007年11月23日采自舟山嵊山野生苗,选育种于同期在育苗帘上采下相似大小的幼苗放养。(2)气囊重量是指取50个气囊称重后计算其平均值所得。

3 结论

通过定向选育及养殖验证,获得优质、高产羊栖菜“鹿丰1号”,其主要特征是:枝叶粗壮繁茂、气囊产生早颗粒大、产量高。经过连续8年的养殖检验,所选育的性状表现稳定。2008年羊栖菜“鹿丰1号”比对照组野生种增产167.68%。目前羊栖菜“鹿丰1号”已在浙江洞头和苍南两县进行了养殖中试,并在山东青岛和广东湛江沿海等地开展了养殖中试,为羊栖菜的产业向良种化发展打下基础。

参 考 文 献

- 孙建璋, 李生尧. 1996. 羊栖菜繁殖生物学的初步研究. 浙江水产学院学报, 15(4): 243~248
- 叶晓园, 陈清建. 2008. 大陈浅海区羊栖菜软筏式栽培技术初步研究. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 27(1): 87~88
- 李生尧. 1996. 羊栖菜养殖技术. 中国水产, 11: 32~33
- 李生尧. 2001. 羊栖菜生产性育苗技术研究. 浙江海洋学院学报, 20(3): 251~255
- 阮积惠, 徐礼根. 2001. 羊栖菜 *Sargassum fusiiforme* Setch 繁殖与发育生物学的初步研究. 浙江大学学报(理学版), 28(3): 315~320
- 张展, 刘建国, 刘吉东. 2002. 羊栖菜的研究述评. 海洋水产研究, 23(9): 67~73
- 逢少军, 费修纛, 肖天, 王继成. 2000. 羊栖菜生殖托的离体培养的初步研究. 海洋科学, 24(3): 1~3
- 逢少军, 费修纛, 肖天, 王继成. 2001. 通过控制卵子和精子的排放实现羊栖菜人工种苗的规模化生产. 海洋科学, 25(4): 53~54
- 荣成县石岛育苗场. 1988. 羊栖菜人工育苗的初步研究. 海洋湖沼通报, 2: 82~85
- 曾呈奎. 1962. 中国经济海藻志. 北京: 科学出版社
- Chul, H. S. 1993. *Porphyra*, *Undaria* and *Hizikia* Cultivation in Korea. Korean J. Phycol. 8(2): 207~216 (in Korean with English abstract)
- Hwang, E. K., Park, C. S., and Sohn, C. H. 1994. Effects of light intensity and temperature on regeneration, differentiation and receptacle formation of *Hizikia fusiiformis* (Harvey) Okamura. Korean J. Phycol. 9: 85~94
- Pang, S. J., Gao, S. Q., and Sun, J. Z. 2006. Cultivation of the brown alga *Hizikia fusiiformis* (Harvey) Okamura, controlled fertilization and early development of seedlings in raceway tanks in ambient light and temperature. J. Appl. Phycol. 18: 723~731
- Pang, S. J., Zhang, Z. H., Zhao, H. J., and Sun, J. Z. 2007. Cultivation of the brown alga *Hizikia fusiiformis* (Harvey) Okamura; Stress resistance of artificially raised young seedlings revealed by chlorophyll fluorescence measurement. J. Appl. Phycol. 19: 557~565