

关键词： 草鱼，豆粕，豆皮，80:20 池塘养殖技术，混养技术，中国

利用美国大豆协会-国际项目 80:20 养殖技术与 中国传统池塘混养模式养殖草鱼的对比研究

M. C. 柯里默 周恩华 张建
美国大豆协会-国际项目/中国水产养殖计划

前言

美国大豆协会-国际项目 (ASA-IM) 与美国农业部对外农业服务局(FAS/ICD)、中国国家环保总局(SEPA)南京环境科学研究所(NIES)和江苏省水产技术推广站(JFEC)联合开展了本项鱼类养殖试验，旨在示范应用美国大豆协会-国际项目 80:20 池塘养殖技术在养殖草鱼的生产力、经济和环境方面与中国传统混养和利用当地饲料并结合新鲜陆草的养殖模式相比所展示出的优势。本试验在中国江苏省扬中市的一个商业化养鱼场进行。试验由美国大豆协会-国际项目 (ASA-IM) 和江苏省水产技术推广站(JFEC)具体实施鱼类养殖计划，美国农业部对外农业服务处和中国国家环保总局参与有关水质，土壤环境方面的合作研究。

80:20 池塘养殖技术

美国大豆协会-国际项目在最近的十多年里对其以饲料为基础的 80:20 池塘养殖技术的优越性开展了广泛的示范研究，涉及的鱼类至少达 15 种之多，研究和推广几乎遍及了中国的每一个省。80:20 池塘养殖技术的基础就是在养殖占捕捞时渔获量约 80%的单种主养鱼的同时，还能生产出占 20%鱼产量的滤食性鱼类，这些鱼类主要摄食浮游植物，而这些浮游植物则由主养鱼的排泄物肥水产生。80:20 养殖技术所用的饲料是营养平衡的全价饲料，以满足主养鱼的各种营养需求；同时该饲料也是以可再生的植物资源作为主要的饲料原料配方而成的。豆粕作为其主要的蛋白源，并与其他天然植物原料平衡，以满足养殖鱼类的特定氨基酸和其他营养的需求。养殖鱼产量，若以单位池塘面积的鱼重量表示的话，通常控制在主养鱼 400-500 千克/亩(6-7 吨/公顷)，这个产量被认为是有利于水环境保护和养殖可持续发展的上限。美国大豆协会-国际项目的 80:20 养殖技术在养殖过程中是禁止用药和化学品，以确保养殖鱼类没有污染和食用安全。很多试验也证实了养殖过程中的换

水量最低甚至是零换水，从而该技术也被证实是一项节水，节能型养殖技术。80:20 养殖技术的核心在于对水质的有效管理和对饲料质量及放养鱼类质量的控制上，从而确保养殖产量和食品安全的最大化及对环境影响的最小化。80:20 池塘养殖技术能够同时集养殖的可持续性、养殖产品的“绿色”安全性和环保、节水等诸多优点于一体，而这些优点都是当前中国水产养殖业发展的重要议题。

试验方法

本对比试验在江苏省扬中市扬中水产养殖场的 6 口 12 亩大小(合 0.8 公顷)的池塘内进行。6 口鱼池专为本试验按照同样要求全部重新进行了清整。其中的 3 口鱼池用作美国大豆协会-国际项目的 80:20 池塘养殖技术养殖，而另外 3 口鱼池则为中国传统混养技术的池塘。

3 口按美国大豆协会-国际项目 80:20 养殖模式养殖的池塘每亩放养 220 尾草鱼(3,300 尾/公顷)和 100 尾白鲢(1500 尾/公顷)。草鱼和鲢鱼在放养时的平均体重分别为 299 克和 500 克。80:20 模式养殖池中的草鱼，投喂美国大豆协会-国际项目配制的 32/3¹豆粕型草鱼饲料，每天投喂 2 次，每次投喂至 90%饱食(表 1-3)。该饲料是专门模仿草鱼摄食的天然饵料而设计的，是一种低能量高纤维的饲料。饲料中主要的蛋白源是大豆粕，而纤维源则为大豆皮。所有投喂的饲料都被制成膨化浮性颗粒饲料给食。

三个改进的混养池塘放养的是草鱼、鲫鱼、团头鲂、鲢和鳙。放养草鱼的密度是 160 尾/亩(2400 尾/公顷)。鲫鱼和团头鲂的总放养密度为 150 尾/亩(2250 尾/公顷)。鲢鱼和鳙鱼的放养密度分别为 100 尾/亩(1500 尾/公顷)和 40 尾/亩(600 尾/公顷)。放养草鱼的平均体重为 525g，鲫鱼和团头鲂的平均体重为 75g，放养的鲢鱼和鳙鱼的平均体重分别为 700 克和 750 克。混养池塘中的鱼类投喂当地的沉性饲料和新收割的苦苣菜。据称当地饲料的粗蛋白水平为 28%。当地饲料每天投喂 2 次，每次的投喂量根据当地制定的投饲表和估算的 3 种吃食性鱼类的鱼体重确定。三口鱼池每次投喂的量相同。投喂的苦苣菜为在养殖场内在每次投喂前收割的新鲜草料。根据鱼池中草料的可获得性确定投草的时间间隔，三口鱼池的投草量在每次投喂及整个试验期间都相同。

试验进行了 6 个多月的时间。试验结束时，排干所有鱼池的池水，收获各鱼池的鱼类并分别称重。每一种鱼类又分别打样，以确定每种鱼类的平均鱼体重。计算各鱼池的鱼类成活率、毛产量和净产量、平均鱼体重和饲料转化效率。在试验期间记录养殖过程中的各项投入，以计算每个鱼池的经济回报率和每种养殖技术的三口鱼池的平均回报率。

¹注：表述饲料成分的数字分别代表了饲料中蛋白质和脂肪的百分含量，例如：32/3 表示饲料含粗蛋白 32%和粗脂肪 3%。

试验结果

采用 80:20 养殖技术养殖的 36 亩(2.4 公顷)池塘共收获了 21.89 吨鱼类。收获时的平均鱼产量为 608 kg/亩(9,120 kg/公顷)，这包括 436 kg/亩(6,540 kg/公顷)的草鱼和 172kg/亩(2,580 kg/公顷)的鲢鱼(表 4)。经 176 天饲养，80:20 养殖池塘中的草鱼从 299 克长至平均 2,199 克，鲢鱼从 500 克长至 1,722 克。草鱼摄食美国大豆协会-国际项目 32/3 饲料的平均饲料转化系数(FCR)为 1.05:1，草鱼和鲢的成活率分别为 90.1%和 100%。三口 80:20 养殖池塘的平均净收入和投资回报率分别为人民币 1,200 元/亩 (2,278 美元/公顷)和 40.3%。36 亩采用 80:20 模式养殖的池塘给养殖户的净回报是人民币 43,200 元(5,468 美元)。

36 亩(2.4 公顷)混养池收获时的总产量为 19.03 吨，平均产量为 528.5 kg/亩(7,928 kg/公顷)，其中草鱼产量为 288 kg/亩(4,320 kg/公顷)，鲫鱼和团头鲂的产量为 47.5 kg/亩(713kg/公顷)，鲢鳙鱼产量为 193 kg/亩(2,895 kg/公顷)(表 4)。在 176 天试验期间，混养池中的草鱼从 525 克长至平均 1,973 克，鲫鱼和团头鲂从 75 克长至平均 317 克，鲢鳙鱼从 700-750 克长至 1,380 克。若将草的干重以湿重的 25%计，则投喂当地饲料和饲草的三口混养池的吃食性鱼类其平均饲料转化系数为 2.8:1。如果仅以投喂的饲料计算混养池的平均饲料转化系数为 2.3:1。草鱼的成活率为 93.3%，而鲫鱼、团头鲂、鲢鱼和鳙鱼的成活率均为 100%。三口混养池的平均净收入和投资回报率分别为人民币 229 元/亩(435 美元/公顷)和 7.3%。36 亩混养池给养殖户的净收入是人民币 8,244 元(1,043 美元)。

小结和讨论

试验表明，采用美国大豆协会-国际项目的 80:20 池塘养殖技术和 32/3 型豆粕饲料进行养殖的效果对评价的每个方面都胜于采用混养技术和当地饲料所进行的养殖。采用 80:20 养殖模式养殖的池塘其总的鱼产量比混养池高出 15%，养殖的草鱼也比混养池大了 11.5%。

用 32/3 型豆粕饲料养殖的饲料转化系数比采用当地饲料和草料养殖的饲料转化系数低了一半还多。采用 80:20 养殖模式养殖的池塘每亩的饲料用量平均为 385kg (5.78 吨/公顷)，以此投喂量养殖，取得了草鱼 370 kg/亩(5.55 吨/公顷)和鲢鱼 122 kg/亩(1.83 吨/公顷)的净产量。与此相比，每亩混养池投喂了 588 kg 当地饲料和 454 kg 饲草 (8.82 吨/公顷当地饲料和 6.81 吨/公顷草料)，该投喂量取得的净产量仅为吃食性鱼类(草鱼、鲫鱼和团头鲂) 213 kg/亩(3.19 吨/公顷)和 130kg/亩(1.96 吨/公顷) 滤食性鱼类(鲢和鳙鱼)。由此可见，混养池比 80:20 养殖池多投了 53%以上的饲料外加 16.35 吨饲草，但却少生产出 15%的总鱼产量和少生产出 30%的吃食性鱼类。

采用美国大豆协会-国际项目的豆粕型饲料和 80:20 养殖技术进行的养殖，其经济回报比采用混养技术所取得的经济回报高出了 500%，给养殖户的投资回报，前者比后者高了 5.5 倍。

这两种养殖模式对环境的影响也存在显著差异。据投喂饲料和饲草的干重推算，混养池的营养物输入负荷大约是 643 kg/亩(9.64 吨/公顷)，而 80:20 养殖模式下的营养物输入负荷为 347 kg/亩 (5.2 吨/公顷)。可见混养池的营养物负荷比 80:20 模式的养殖池高出了 1.85 倍。混养池中显著高出的营养物负荷对池塘水质和底质都有负面影响，从而当池水排放时又对周围环境产生了潜在的过量和有害的污染负荷。

总之，采用美国大豆协会-国际项目 80:20 养殖模式及其豆粕型饲料开展养殖，与传统的混养模式相比，在鱼产量、经济和环境等方面均具有显著的优势。美国大豆协会-国际项目鼓励中国的养鱼业采用 80:20 池塘养殖技术和豆粕型饲料，以提高养殖产量，促进水产养殖业的可持续发展，增加养殖水产品的食用安全和经济回报率。

致谢

美国大豆协会-国际项目十分感激扬中水产养殖场、美国对外农业服务局、中国国家环保总局、南京环境科学研究所和江苏省水产技术推广站的参与和合作，特别要感谢扬中水产养殖场的场长何宇华先生和本试验的经理陈伟俊先生。上述单位均为本试验提供了精力、人力、物力和财力上的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

表 1. 2006 年在中国江苏省扬中水产养殖场进行的草鱼对比养殖试验中采用 80:20 养殖模式所使用的美国大豆协会-国际项目 32/3 型全植物蛋白源豆粕饲料的配方。该饲料是一种低能量高纤维饲料，并被制成膨化浮性颗粒料。该饲料由美国大豆协会-国际项目监制，上海天邦水产饲料公司以最廉价的配方生产。

原 料	百分含量
大豆粕 46%	49.00
小麦, 11%饲料面粉	12.00
次面粉 14%	10.00
大豆皮	10.00
玉米干酒糟 27/10	8.00
玉米蛋白粉 60%	6.00
磷酸二氢钙 21%	2.50
鱼油	1.70
维生素预混料 F-2	0.50
矿物质预混料 F-1	0.25
安定维 C - 35%	0.03
乙氧喹	0.02
合计	100.00

表 2. 2006 年在中国江苏省扬中水产养殖场开展的草鱼对比养殖试验中用于 80:20 池塘的美国大豆协会-国际项目 32/3 全植物蛋白源豆粕型饲料换算的营养组成。该饲料是一种低能量、高纤维、膨化、浮性颗粒饲料。

营养	饲料中含量
可消化能 (膨化)	2055.17
无氮浸出物	39.25
淀粉	16.61
粗蛋白	32.27
可消化蛋白	29.59
鱼蛋白	0.00
大豆蛋白	23.74
脂肪	3.62
W-3 (奥米伽 3 脂肪酸)	0.50
W-6 (奥米伽 6 脂肪酸)	0.76
纤维	7.40
灰分	6.42
钙	0.62
可溶性磷	0.64
胆碱	2010.97
维生素 C	105.00
乙氧喹	134.50
精氨酸	2.00
异亮氨酸	1.59
赖氨酸	1.72
蛋氨酸	0.49
蛋氨酸 + 胱氨酸	1.00

表 3. 2006 年在中国江苏省扬中水产养殖场开展的草鱼对比养殖试验中用于 80:20 池塘的美国大豆协会-国际项目 32/3 全植物蛋白源豆粕型饲料所用的维生素和矿物质预混料配方。表中含量为每公斤预混料中的维生素和矿物质质量

成分	单位	含量
<u>维生素预混料 F-2</u>		
维生素 A	IU/kg	1,200,000
维生素 D3	IU/kg	200,000
维生素 E	IU/kg	20,000
维生素 K	mg/kg	0
维生素 C	mg/kg	0
生物素	mg/kg	40
胆碱	mg/kg	0
叶酸	mg/kg	1,800
肌醇	mg/kg	0
烟酸	mg/kg	40,000
泛酸	mg/kg	20,000
吡哆醇 (维生素 B6)	mg/kg	5,000
核黄素 (维生素 B2)	mg/kg	8,000
硫胺素 (维生素 B1)	mg/kg	8,000
维生素 B12	mcg/kg	2,000
乙氧喹	mg/kg	500
<u>矿物质预混料 F-1</u>		
铁	ppm	40,000
锰	ppm	10,000
铜	ppm	4,000
锌	ppm	40,000
碘	ppm	1,800
钴	ppm	20
硒	ppm	200

表 4. 2006 年在中国江苏省扬中水产养殖场开展的美国大豆协会-国际项目养殖试验结果。该试验利用了 6 口 12 亩 (0.8 公顷) 池塘比较了美国大豆协会-国际项目的以豆粕饲料为基础的 80:20 池塘养殖模式与中国传统混养模式的养殖效果

养殖模式	放养密度 (尾/亩)			放养规格 (g)			收获鱼体重 (g/尾)			P _G ¹ (kg/亩)			成活率 (%)			FCR		净收入 (RMB/mu) ⁷	投资回报率 (%)
	GrC ²	Fed ³	Filter ⁴	GrC ²	Fed ³	Filter ⁴	GrC ²	Fed ³	Filter ⁴	GrC ²	Fed ³	Filter ⁴	GrC ²	Fed ³	Filter ⁴	Feed ⁵	F+G ⁶		
80:20	220	----	100	299	----	500	2,080	----	1,304	396	----	130	86.5	----	100	1.17	----	711	23.8
80:20	220	----	100	299	----	500	2,217	----	1,822	454	----	182	92.9	----	100	0.99	----	1,379	46.3
80:20	<u>220</u>	<u>----</u>	<u>100</u>	<u>299</u>	<u>----</u>	<u>500</u>	<u>2,299</u>	<u>----</u>	<u>2,040</u>	<u>459</u>	<u>----</u>	<u>204</u>	<u>90.8</u>	<u>----</u>	<u>100</u>	<u>0.98</u>	<u>----</u>	<u>1,511</u>	<u>50.7</u>
均值	200	----	100	299	----	500	2,199	----	1,722	436	----	172	90.1	----	100	1.05	----	1,200	40.3
混养	160	150	140	525	75	725	2,015	320	1,300	287	48	182	91.0	100	100	2.3	2.8	166	5.0
混养	160	150	140	525	75	725	1,935	330	1,460	291	50	204	96.0	100	100	2.2	2.7	310	10.0
混养	<u>160</u>	<u>150</u>	<u>140</u>	<u>525</u>	<u>75</u>	<u>725</u>	<u>1,970</u>	<u>300</u>	<u>1,380</u>	<u>286</u>	<u>45</u>	<u>193</u>	<u>93.0</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>2.4</u>	<u>2.9</u>	<u>210</u>	<u>7.0</u>
均值	160	150	140	525	75	725	1,973	317	1,380	288	48	193	93.3	100	100	2.3	2.9	229	7.3

¹P_G = 毛产量

²GrC = 草鱼

³Fed = 混养池中的其它吃食性鱼类(鲫鱼和团头鲂)

⁴Filter = 滤食性鱼类; 80:20 模式中的鲢鱼和混养池中的鲢鳙鱼

⁵FCR 仅以饲料计算的饲料转化系数

⁶FCR 以饲料和草(干重)计算的饲料转化系数

⁷人民币美元汇率: 人民币 7.9 元 = 1.00 美元