

# 稻-菌-鱼复合生态系统水稻产量性状及经济效益分析

刘文忠

(黑龙江省农业科学院 牡丹江分院,黑龙江 牡丹江 157041)

**摘要:**为了明确稻-菌-鱼复合生态系统对水稻产量和经济效益的影响程度,采用畦作和平作两种水稻栽培方式,测定并分析了两种栽培方式下土壤温度和土壤中速效养分含量及其关联性,同时对复合生态系统下综合经济效益进行了分析。结果表明:复合生态系统中畦式立体栽培有效提高了土壤的吸热性和导热率,使土层温度有明显的提高,充分改善了稻田生态环境;土壤速效养分的感温效应表现为土层温度每提升1℃,土壤碱解氮含量增加4.0 mg·kg<sup>-1</sup>,土壤速效磷增加0.3 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾增加1.3 mg·kg<sup>-1</sup>,土壤温度与速效养分含量之间呈线性关系,相关系数达到显著水平;畦畦作26、20和10 cm分别比平作30 cm×26 cm、30 cm×20 cm及30 cm×10 cm增产28.13%、68.49%和67.40%,且畦式立体开发投入产出比比平作多13.47。

**关键词:**丘陵区;稻-菌-鱼;生态系统;经济效益

**中图分类号:**S511

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2013)10-0024-04

丘陵区川谷地农业长期处于低产状态,农业经济效益一直以来难以提高。该区资源丰富,水肥气热条件较好,但是农业资源利用效率不高,因此,开发立体式复合生态农业对类似农业区当前状况具有积极意义。试验以此为出发点,利用生态学原理和生态学工程的方法,根据“食物链原理”“生态位原理”“物质多级利用原理”,结合丘陵区川谷低湿地的生物资源以及环境特点,建立的稻-菌-鱼复合生态系统。此系统属于农业生态系统的范畴,是生态农业的应用,亦是人工培育下的生态系统,介于自然生态系统和人工制造的系统之间<sup>[1]</sup>。通过大量的输入非自然能量来维持和获得更高的能量转化效率、提高生产力,种稻产出稻米,稻秸通过菌类分解作为鱼的饵料,养鱼除获得鱼产品外,鱼的粪便及肥水又满足了水稻生长发育的需要。其中水稻是生产者,鱼是消费者,菌是分解者,系统内各组分相互推动,相互影响。同时稻-菌-鱼各占据不同的生态位,有利于充分利用丘陵川谷地的自然资源<sup>[2]</sup>,做到一地多用立体开发,从而获得最大生产力,有利于农业的增产增收。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试水稻品种为牡丹江28;菌种为平菇;鱼

种为鲤鱼、草鱼和鲢鱼。

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验点安排在依兰县永发乡小河沿村。试验面积5 000 m<sup>2</sup>,田间工程设计为稻田四周挖设养鱼沟,规格:上口宽1 m,底宽为20 cm,深为70 cm;池中设一喂鱼坑,直径为2 m,深1 m;稻田畦作,畦宽30 cm,畦底宽25 cm,畦深25~30 cm;插秧栽培,畦上2行苗,株距设3种规格:10、20和26 cm,同时以平作30 cm×10 cm,30 cm×20 cm及30 cm×26 cm为对照。食用菌为平菇,水稻生育后期放置田间与水稻间作,1 m<sup>2</sup>放置8袋,共计放置2 m<sup>2</sup>16袋。水稻施肥氮:磷:钾比例为3.0:1.0:0.5。

插秧时期为5月29~31日;放鱼苗时间为6月12日,放鱼苗150 kg·hm<sup>-2</sup>;放鱼时平均重量50 g;起鱼时间为9月26日;平菇放置时间为8月15日。

试验地管理要求:生育期畦面除在水稻分蘖期和幼穗分化期保持3 cm水层外,其余各生育期实行浸润灌溉,缺水补水。鱼苗放置后喂养一个月,每天投放饵料0.5 kg(以稻糠和麦子为主),其它田间管理措施同当地水平一致。

1.2.2 调查项目与测定方法 土壤温度分层(5、10、15和20 cm)调查;生育期测定土壤碱解氮、速效磷、速效钾;于分蘖期调查单株分蘖数,秋季测定株高,植株干鲜重,计算单位面积产量<sup>[2]</sup>。

1.2.3 数据分析 采用Excel 2003及DPS 7.05软件对数据进行处理。

收稿日期:2013-06-25

作者简介:刘文忠(1968-),男,黑龙江省海林市人,硕士,农艺师,从事土壤肥料与植物保护研究。E-mail: lliuwz77@126.com。

2 结果与分析

2.1 土壤温度对速效养分的影响

调查结果表明,以 14:00 的地中、地表温度为  
例,分蘖期(6 月 15~18 日)垄畦作稻田地中 5 cm  
温度是 15.76℃,较平作稻田 14.5℃ 提  
高 1.26℃;10 cm 土层温度提高 0.93℃;15 cm 土  
层温度提高 0.33℃;20 cm 土层温度提高 0.97℃。  
地表温度垄畦作是 16.83℃,比平作 15.5℃ 提高  
1.33℃;5~20 cm 平均温度垄畦作比平作提  
高 1.02℃。

孕穗期(7 月 2~15 日):垄畦作 5 cm 土层温  
度较平作提高 2.33℃;10 cm 土层温度提高  
0.67℃;15 cm 土层提高 1.67℃;20 cm 土层提  
高 2.16℃,地表温度垄畦作是 33.33℃,较平作

31.33℃ 提高 2℃;5~20 cm 平均温度垄畦作比平  
作提高 1.71℃。

水稻垄畦作由于提高了地温,促进了土壤微  
生物的活动,增强了土壤养分转化释放能力,有利  
于稻苗的生长发育。室内模拟试验结果表明(见  
表 1),土壤速效养分的感温效应是比较明显的<sup>[3]</sup>,  
即提升 1℃ 土层温度,土壤碱解氮含量增加  
4.0 mg·kg<sup>-1</sup>,土壤速效磷增加 0.3 mg·kg<sup>-1</sup>,速效  
钾增加 1.3 mg·kg<sup>-1</sup>。土壤温度和土壤速效养分  
含量之间呈线性关系,相关系数达到显著水平以  
上。其方程为: $y_{\text{碱解氮}} = 12.54 + 3.93x$ ,  $r = 0.989^{**}$ ,  
 $y_{\text{速效磷}} = 9.21 + 0.258x$ ,  $r = 0.930^{**}$ ,  
 $y_{\text{速效钾}} = 117.7 + 1.14x$ ,  $r = 0.899^{**}$ 。

表 1 不同温度对土壤速效养分含量的影响

Table 1 The influence of different temperature on soil available nutrient content												
温度/℃ Temperature	碱解氮含量/mg·kg <sup>-1</sup> Affective nitrogen content				速效磷/mg·kg <sup>-1</sup> Available phosphorus content				速效钾/mg·kg <sup>-1</sup> Available potassium content			
	I	II	III	$\bar{x}$	I	II	III	$\bar{x}$	I	II	III	$\bar{x}$
15	89	60	76	75.0	15	13	13	13.7	129	126	133	129.3
20	76	92	98	88.7	14	13	15	14.0	148	143	149	146.7
25	110	109	110	109.7	17	15	14	15.3	150	146	148	148.0
30	130	112	133	125.0	15	16	18	16.3	154	147	154	151.7
35	157	181	131	156.3	17	20	20	19.0	158	146	162	155.3

2.2 不同栽培方式对土壤速效养分的影响

由表 2 可见,不同栽培方式下速效养分含量  
变化有所不同,以速效氮含量变化最为明显,垄作  
比平作提高土壤速效氮含量效果更为明显,大致

增加倍数为 1.09~1.46;垄作是平作土壤速效磷  
含量的 3.00~5.25 倍,土壤速效钾含量的 1.01~  
1.11 倍,有机质含量的 1.03~1.08 倍,pH 变化  
并不明显。

表 2 不同栽培方式下土壤速效养分分析

Table 2 Analysis of soil available nutrient on different cultivation modes						
项目 Item	7 月 12 日 July 12		7 月 13 日 July 13		7 月 14 日 July 14	
	垄作 Ridge culture	平作 Flatten culture	垄作 Ridge culture	平作 Flatten culture	垄作 Ridge culture	平作 Flatten culture
速效氮含量/mg·kg <sup>-1</sup> Affective nitrogen content	298	204	249	170	227	208
速效磷含量/mg·kg <sup>-1</sup> Available phosphorus content	21	4	1	0.3	6	2
速效钾含量/mg·kg <sup>-1</sup> Available potassium content	168	159	99	89	110	108
有机质 Organic matter content	3.59	3.465	3.243	2.994	—	—
pH	5.8	5.7	4.8	5.0	—	—

## 2.3 稻-菌-鱼复合生态系统水稻产量性状分析

由表 3 可知,以 6 月 30 日的分蘖结果调查为例,垄畦作 26 cm 比平作 30 cm×26 cm 分蘖多 0.93 个;垄畦作 20 cm 比平作 30 cm×20 cm 分蘖多 1.34 个;垄畦作 10 cm 比平作 30 cm×

10 cm 分蘖多 1.47 个。从秋季产量结果看,垄畦作 26 cm 比平作 30 cm×26 cm 增产 28.13%;垄畦作 20 cm 株距比平作 30 cm×20 cm 增产 68.49%;垄畦作 10 cm 株距比平作 30 cm×10 cm 增产 67.40%。

表 3 不同栽培方式生育状况及产量结果比较

Table 3 The comparison on growth conditions and yield of different cultivation modes

栽培方式 Cultivation modes	行间距/cm Row distance	6 月 30 日 June 30			8 月 18 日 August 18		
		产量/kg·hm <sup>-2</sup> Yield	株高/cm Plant height	单株分蘖/个 Tiller number per plant	鲜重/g Fresh weight	干重/g Dry weight	单株分蘖/个 Tiller number per plant
垄畦作 Ridge culture	26	8290.35	52.5	7.13	177.5	35.5	11.97
	20	10800.6	55.5	8.40	150.3	30.06	8.50
	10	11500.65	54.8	8.53	153.4	30.68	8.70
平作 Flatten culture	30×10	6870.3	43.6	7.06	130.0	26.0	6.53
	30×20	6410.25	42.3	7.06	145.50	29.10	8.13
	30×26	6470.25	45.0	6.20	139.1	27.82	10.80

## 2.4 稻-菌-鱼复合生态系统经济效益分析

垄畦面放平菇 8 袋·m<sup>-2</sup>,成本为 16.00 元·m<sup>-2</sup>,每袋产菇(截止到 9 月 28 日收水稻)可在 1.5 kg 左右,平菇市场价约为 3.0 元·kg<sup>-1</sup>,扣除成本,收入约 2.00 元·m<sup>-2</sup>,养菌收益约 18 445.70 元·hm<sup>-2</sup>。垄沟养鱼到出鱼时每条净重 0.25 kg,最重的达 0.45 kg;去掉损耗净剩鱼 228.75 kg·hm<sup>-2</sup>,按照市场价 8.00 元·kg<sup>-1</sup> 计算,养鱼收益可达 1 830.00 元·hm<sup>-2</sup>。秋季出售稻谷价格按照 0.64

元·kg<sup>-1</sup> 计算,垄畦式种植水稻收益可达 6 912.40 元·hm<sup>-2</sup>,平作水稻收益只有 4 531.35 元·hm<sup>-2</sup>,垄畦式稻-菌-鱼立体开发的经济效益是平作的 6 倍。从投入产出比看,垄畦式立体开发是 1.00:16.99;而平作稻是 1.00:3.52,垄畦式立体开发投入产出比平作多 13.47。因此,稻-菌-鱼立体开发模式是用工小、投资少、见效快、效益高、“动小手术(开沟起畦)增产显奇效”的水稻高产高效栽培的新途径。

表 4 不同栽培模式经济效益分析

Table 4 Analysis of economic benefit on different cultivation modes

项目 Item		成本/元·hm <sup>-2</sup> Cost					产出效益/元·hm <sup>-2</sup> Output efficiency		
		种子 Seed	磷酸二铵 Diammonium phosphate	尿素 Urea	农药 Pesticides	其它 Other	产量/ kg·hm <sup>-2</sup> Yield	收益/ 元·hm <sup>-2</sup> Profit	投入产出比 Input-output rate
垄畦作	水稻 Rice	96.00	300.00	82.50	207.00	600.00	10800.60	6912.40	—
Ridge culture	平菇 Mushroom	—	—	—	—	—	12297.13	18445.70	—
	鱼 Fish	90.00	—	—	—	—	78.75	1830.00	—
	工程 Works	—	—	—	—	225.00	—	—	—
平作	Flatten culture	96.00	300.00	82.50	207.00	600.00	7080.20	4531.35	—
合计 Total	垄畦作 Ridge culture	1600.50	23176.48	27188.10	1.00:16.99				
	平作 Flatten culture	1285.50	7080.20	4531.35	1.00:3.52				

### 3 结论与讨论

丘陵川谷地低湿冷凉的稻田生态环境一直是困扰水稻高产的大难题,加之潜育白浆土本身冷凉板结的特性,致使水稻生产单产不稳。采取垄畦式立体栽培后,一改往日的状况,使稻田的生态环境得到了充分地改善。垄畦式栽培技术,通过开沟起畦,扩大了土壤表面积,使得土壤对太阳辐射的吸收量增大,提高了土壤的吸热性和导热率,致使土层温度有明显的提高<sup>[3]</sup>。

稻-菌-鱼复合生态系统,改变了传统农业掠夺式生产的恶性循环局面,使稻田土壤生态系统得以保持和提高。垄畦式栽培技术协调了水、肥、气、热的关系,为水稻生长创造了良好的土壤环境,由于畦面实行了浸润灌溉,使垄畦面泥土露出水面的时间增长,不仅增加了土壤通透性,而且改变了平作栽培全田淹水,只以重力水下渗的土壤水分运动状态,形成以毛细管水上升的水文体系,既可以满足水稻生理需水,又为水稻生长提供了足够的氧气和适宜的温度,使微生物活性增强,加速土壤有机质的分解释放<sup>[4]</sup>,提高了土壤中有效养分的含量和肥料利用率。另外,稻田养鱼除获得鱼产品外,鱼的粪便排入水中,又极大地丰富了土壤养分。据测定 1 000 kg 鱼池的肥水和肥泥

约相当于 1 kg 化肥。

稻-菌-鱼复合生态系统,由于实行了沟灌为主的浸润灌溉,可以降低田间的湿度,改善土壤温度和养分状况,有利于田间管理,且透气性好,创造了有利于水稻生长且不利于病虫发生蔓延的田间气候,大大减轻了病虫害的发生从而增加产量。

丘陵川谷地稻-菌-鱼立体开发不仅能达到增产目的,而且有利于多项技术的组装配套和稻田的综合利用,充分发挥整体效益,垄畦式栽培可在垄畦上种稻,沟中放养绿萍和鱼,垄畦在稻与稻之间还可以放置平菇,创造了良好的温湿环境,有利于菌的生长。在大幅度提高稻谷产量的同时,还可以培肥地力,增加经济收入<sup>[5]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 郑华斌,扈婷,陈杨,等. 稻-野鸭复合生态种养技术水稻产量及经济效益分析[J]. 作物研究,2012(2):127-130.
- [2] 孟祥海. 氮素水平与施氮方式对稻田氮挥发影响[J]. 黑龙江农业科学,2011(12):38-41.
- [3] 杨卓. 农业生态工程技术[M]. 北京:化学工业出版社,1998:78-79.
- [4] 赵明森. 试论稻田生态养殖技术[J]. 内陆水产,2000(12):6-7.
- [5] 宁理功. 稻-鸭-泥鳅复合生态系统的土壤理化性状及效益研究[J]. 中国土壤与肥料,2007(6):28-30.

## Research on Yield Trait and Economic Benefit of Compound Ecosystem with Rice-Edible Fungi-Fish

LIU Wen-zhong

(Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang, Heilongjiang 157041)

**Abstract:** In order to define the effect degree of compound ecosystem of the rice-edible fungi-fish on the rice yield and economic benefit, adopting ridge culture and flatten culture as rice cultivation mode, soil temperature and soil available nutrient content and its relevance of different cultivation modes were analyzed, the integrated economic benefit of the complex ecological system was studied. The results showed that the ridge culture stereoscopic cultivation effectively improved heat absorptivity and thermal conductivity of soil, temperature and ecological environment; thermal effect of soil available nutrient was when the soil temperature was increased 1 °C, soil alkali-hydrolysable nitrogen content was increased 4 mg · kg<sup>-1</sup>, soil available phosphorus was increased 0.3 mg · kg<sup>-1</sup>, rapidly-available potassium was increased 1.3 mg · kg<sup>-1</sup>; there was a linear relationship between available nutrient content and soil temperature, the correlation coefficient reached significant level; ridge culture for 26, 20 and 10 cm compared with the flatten culture for 30 cm × 26 cm, 30 cm × 20 cm and 30 cm × 10 cm was increased 28.13%, 68.49% and 67.40%, respectively the rates of input and output of ridge culture stereoscopic development were more than flatten culture 13.47%.

**Key words:** hilly area; rice-edible fungi-fish; ecosystem