

丘陵旱地农一桐生态工程模式的生态效应分析

方 萍¹, 陈聿华²

(1. 同济大学环境科学与工程学院 污染控制与资源化国家重点实验室, 上海 200092; 2. 华中农业大学农学系, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 对“泡桐—玉米—小麦—棉花”组合的鄂中丘陵旱地“农一桐”生态工程模式的生态效益进行分析, 结果表明, 与传统的“小麦—芝麻”模式相比, 该模式对丘陵旱地农田的风速和土壤水分状况均有显著地改善, 能够使风速降低 27.70%~45.60%、使土壤中的水分含量在严重干旱的季节平均提高 2.10%。另外, 该模式对年生长季节的利用增加了 132%~141%; 对年活动积温($\geq 10^{\circ}\text{C}$)的利用率增加了 139.80%~148.90%, 这为我国广大丘陵干旱区生态环境的改善提供了一种有效的生态工程技术模式。

关键词: 泡桐; 丘陵旱地; 生态工程; 生态效益

中图分类号: S181 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0072-06

生态工程的概念是 20 世纪 60 年代分别由美国生态学家 Odum 教授及我国生态学家马世骏教授提出的。随着 20 世纪 30 年代之后国际上多次公害事件的发生, 引发了全球范围内对人类发展对生态环境影响的深思, 并进而在关注全球性的粮食、人口、环境、资源等的背景下逐渐掀起了生态工程的热潮。其目的在于避免以往只重视经济发展而忽略生态保护的弊端, 提倡尊崇生态环境保护的原理, 选择合适的工程模式, 在促进经济发展的同时保护生态环境。

近年来, 随着全球化可持续发展理论的推进, 生态工程作为实现可持续发展的一项重要手段, 在诸多领域均得到体现^[4, 16]。并且, 生态工程以其复杂的跨学科和工程技术特点, 对工程的设计、技术效果以及最终的生态效益均提出了越来越高的要求, 生态工程的设计和有效实施已经成为许多行业中一项具有挑战性的工作^[7]。在农业生产领域, 对生态工程的要求是如何在保持农田生态条件良性循环的前提下, 不断促进农作物产量和品质的提高^[2, 9]。以我国较大面积的丘陵旱地而言, 我国多数丘陵旱地都具有较好的水热资源条件, 但农业生产往往因丘陵旱地的伏秋干旱而减产失收。组建农林复合群落模式有利于改善丘陵旱地的生态环境, 同时增加经济效益^[5, 12]。

“农一桐”模式是农林复合型生态工程模式中的一种, 这种多层次立体间套种植的方式, 可以充分利用光、热、土地资源, 增加产量^[1, 13~15]。同时, 借助泡桐对农田小气候的调节作用, 减轻农作物遭受伏秋干旱危害程度; 借助泡桐的速生性能, 生产用材,

增加经济收入^[3, 8, 10]。设计与研究这一生态工程模式的目的在于探讨农林复合群体对自然资源立体多层利用的特点, 寻找调节和改良丘陵旱地农田生态小气候的最佳途径; 通过对农林复合群体内部各组分相互作用的分析, 探讨在鄂中丘陵地区农林复合型生态工程模式的发展潜力及推广应用的前景。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区

湖北省安陆市位于湖北省的中部, 浅丘面积 1 344 km², 占版图面积的 79.2%, 海拔高程 50~150 m (黄海高程), 是鄂中丘陵地区的典型代表。自然资源方面, 该市处于亚热带季风气候区, 春秋短, 冬季长, 冬季寒冷, 夏季炎热, 四季分明, 兼有南北气候特点; 雨量集中于 4~9 月 (约 820 mm), 占年降雨量的 80%, 光、热、水同季, 4~10 月的太阳辐射量占全年的 71.43%; 按 80% 保证率计, 全年 $> 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 4 794~4 908 $^{\circ}\text{C}$ 。依据当地的热量资源条件, 该地区不但适合两熟作物的生长, 还可尝试发展部分三熟制; 但是, 当地的丘陵旱地依地势高低土层有深有浅, 土质较疏松, 冬种小麦、油菜, 夏种芝麻、绿豆, 产量和经济收入较低, 并常常因为伏秋干旱而减产失收。

试验在湖北省安陆市王义贞镇的杨港村进行, 将多年生木本植物——泡桐, 引入农田, 组建以农作物为主泡桐为辅的农桐人工群落。

1.2 试验设计与研究方法

方案设计: ①选取土层较厚, 土质疏松的丘陵旱

收稿日期: 2005-11-04

资助项目: 湖北省重点攻关项目《湖北省生态农业模式与示范》

作者简介: 方萍 (1967—), 女, 江西人, 博士, 主要从事环境生物与生态学领域的研究。

地,栽植优良树种——白花泡桐 (*Paulownia fortunei*),每 667 m² 11 株(12 m×5 m),南北成行。② 树下农作物配置方式:小麦—玉米—棉花(或大豆)。田间排列:厢宽 2.33 m,沟 0.33 m。③ 种植方式:头年 10 月下旬播种小麦,厢面两侧各留 16 cm 的预留行,来年 4 月初点播春玉米,5 月中下旬小麦收获后育苗移栽棉花,棉花为宽窄行种植(即宽行距 1 m,窄行距 0.5 m)。7 月下旬收获玉米,10 月下旬收获棉花(或 9 月下旬收获大豆)。

结构安排:① 组分结构:引入多年生木本植物泡桐,在传统的小麦、芝麻(红薯)、豆类种植方式中,再引入饲料作物玉米或经济作物棉花。② 垂直空间结构:如图 1 所示,“农一桐”模式选择高矮差异明显的泡桐、玉米、小麦、棉花(或大豆)组合,实现垂直空间上的分层利用。地上部分:泡桐占据 3.0 m 以上空间,远高于其他农作物,而玉米、小麦、大豆也有明显的高低层次;地下部分:泡桐根系主要分布在地下 40~60 cm 的土层中^[3,6],农作物的根系主要分布在地下 40 cm 以上的土层内,农作物与泡桐根系之间也有着明显的垂直分层;③ 水平空间结构:图 2 显示了该模式在水平结构上的特点,即通过预留行和换茬,实现了镶嵌排列,并充分发挥了边缘效

应;④ 时间动态结构:图 1 也表明了该模式的时间动态结构,由于不同农作物生长季节的差异,实现了在时间上的连续利用:小麦生长后期套种玉米,小麦与玉米的共生期 40~50 d,玉米与移栽棉花共生期 50~55 d。

农田风速的测定采用便携式测风仪,土壤水分测定采用烘干法^[11]等。

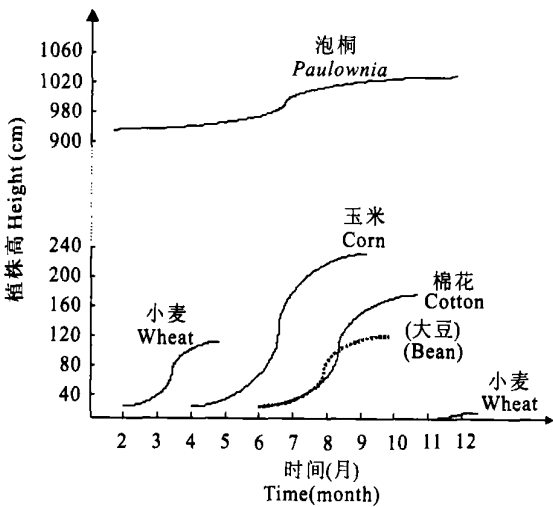


图 1 “农一桐”模式地上部分垂直结构(时间序列)示意
Fig.1 Vertical structure of “Crop-Paulownia” composite model (aboveground)

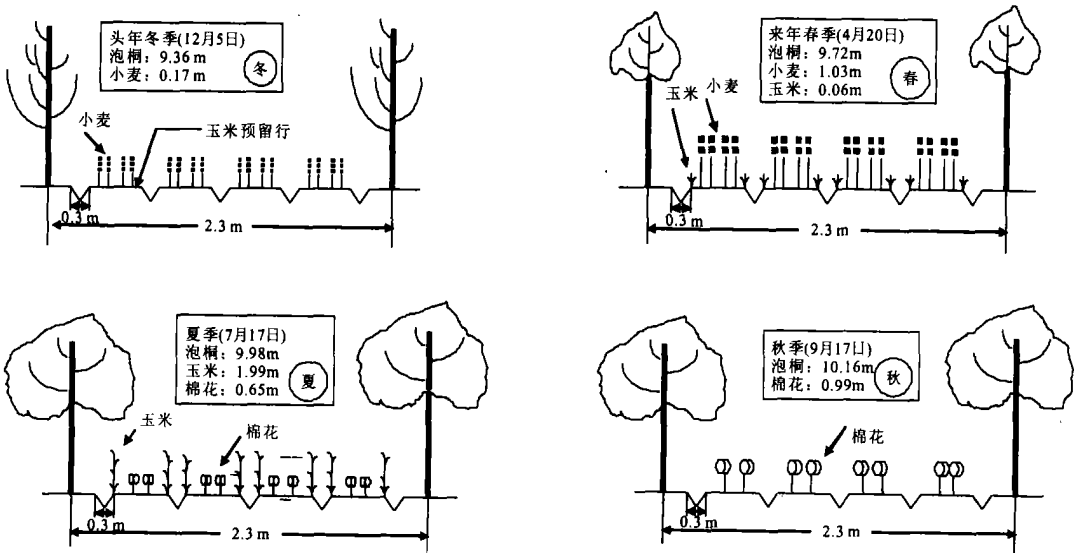


图 2 “农一桐”模式水平结构示意
Fig.2 Horizontal structure of “Crop-Paulownia” composite model

2 试验结果与分析

2.1 自然资源利用状况分析

“农一桐”人工群落结构的组合,大大提高了对年生长季节、年活动积温的利用率,促进了对土壤水分、养分的保持和合理利用。

2.1.1 对生长季节的利用

如表 1 所示,“泡桐—小麦—玉米—棉花(大豆)”模式对生长季节的利用是交错连续的,而传统的“小麦—芝麻”模式则是间断的。与对照相比,“农一桐”模式使生长季节的利用率延长了 132.3%~141.3%。

表 1 不同群落对生长季节的利用状况

Table 1 Analyses of growth times in different communities

群落类型 Type of Community	“泡桐—小麦—玉米—大豆”生长季节 “Paulownia—wheat—maize—bean” Growth time (d)	“泡桐—小麦—玉米—棉花”生长季节 “Paulownia—wheat—maize—cotton” Growth time (d)	对照生长季节 CK growth time (d)
泡桐 Paulownia	365	365	—
小麦 Wheat	218	218	218
玉米 Maize	109	109	—
大豆 (棉花或芝麻) Bean (Cotton or Sesame)	103	136	(94)
合计 Total	795	828	312
利用率(%) Percentage of utilization	217.8	226.8	85.8

2.1.2 对热能的利用

如表 2 所示,两种“农—桐”模式积温利用总值高达15 953.8℃和 16 662.1℃,分别占全年积温的204.0%和 213.1%,与传统的“小麦—芝麻”模式相比,“农—桐”模式对积温的利用率增加了139.8%和 148.9%。

表 2 不同群落对积温* 的利用

Table 2 Analyses of active accumulated temperature in different communities

群落类型 Type of Community	“泡桐—小麦—玉米—大豆”积温 “Paulownia—wheat—maize—bean” Accumulated temperature(℃)	“泡桐—小麦—玉米—棉花”积温 “Paulownia—wheat—maize—cotton” Accumulated temperature(℃)	对照积温(℃) CK Accumulated temperature
泡桐 Paulownia	7820.5	7820.5	—
小麦 Wheat	2457.7	2457.7	2457.7
玉米 Maize	2668.0	2668.0	—
大豆 (棉花或芝麻) Bean (Cotton or Sesame)	3007.6	3715.9	2565.5
合计 Total	15953.8	16662.1	5023.2
利用率(%) Percentage of utilization	204.0	213.1	64.2

* :≥10℃ 积温,资料来源于当地气象部门。

2.2 对环境因子的影响

2.2.1 对风速的调节

由于泡桐树体的阻挡作用,使农田风速降低。5 月上旬泡桐刚开始展叶,枝叶不茂盛,降低风速的作用较小(比对照降低 27.7%);7、8 月份泡桐枝叶繁茂,降低风速的作用增强。据观测,降低风速的作用还与风力的大小有关,自然风速越大,泡桐降低风速的作用越明显(30.70%和 45.6%),呈现显著差异(见表 3),由于风速的降低,使农田的温、湿度发生改变,并进而调节农作物的蒸腾与光合作用。

2.2.2 对农田土壤水分状况的调节

泡桐引入丘陵旱地之后,对农田土壤水分状况具有一定的调节作用(表 4),并且在不同的季节,随着雨水及土壤干旱状况而发生变化。在雨水较多的季节(4—5 月份),“农—桐”群落内 0~30 cm 耕地层内土壤水分含量与对照相比无明显差异(相差 0.1%),但在 30~60 cm 土层内,“农—桐”群落内土壤含水量明显低于对照,比对照低 1.7%(绝对值,以下同),说明泡桐根系不与农作物争夺水分,且泡桐借助其蒸腾作用,吸收深层土壤水分,具有一定的“疏水”功能,对南方多雨季节春小麦排涝防渍具有一定作用。

表 3 “农—桐”混合群落对风速的影响

Table 3 Wind velocity analyses of “Crop—Paulownia” composite community

时间 Time	5 月 9 日, 晴, May 9th, sunny 自然风速 1~2 米/秒 Natural wind velocity		7 月 6 日, 晴, July 6th, sunny 自然风速 2~4 米/秒 Natural wind velocity		8 月 8 日, 晴, August 8th, sunny 自然风速 1~2 米/秒 Natural wind velocity	
	“农—桐” 混合群落 Crop—Paulownia composite community (m/s)	非“农—桐” 间作地(对照) CK (m/s)	“农—桐” 混合群落 Crop—Paulownia composite community (m/s)	非“农—桐” 间作地(对照) CK (m/s)	“农—桐” 混合群落 Crop—Paulownia composite community (m/s)	非“农—桐” 间作地(对照) CK (m/s)
10:00	1.00	1.60	0.98	2.01	0.70	0.80
12:00	1.05	1.30	1.28	2.81	0.67	1.20
14:00	1.15	1.55	1.36	2.85	0.70	1.00
16:00	—	—	2.16	3.39	1.30	1.60
18:00	—	—	2.04	3.29	0.60	1.10
平均值 Average	1.07	1.48	1.56	2.87	0.79	1.14
比 CK 降低(%) Minus percentage to CK	27.7	—	45.6 (<i>P</i> <0.01)	—	30.70 (<i>P</i> <0.05)	—

表 4 不同时期“农—桐”群落土壤水分(%)

Table 4 Soil water—content analyses of “Crop—Paulownia” composite community in different periods

测定日期 Date of measure	位置 Location	土壤深度 Soil depth					
		1~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	1~30 cm	30~40 cm	40~60 cm
5 月 20 日 May 20th	A	18.80	18.90	19.90	19.20	19.20	19.10
	B	18.60	19.00	20.40	19.30	21.30	20.50
	CK	18.70	19.20	20.10	19.30	21.50	20.20
	A—CK	+0.10	—0.30	—0.20	—0.10	—2.30	—1.10
	B—CK	—0.10	—0.20	+0.30	0.00	—0.20	+0.30
7 月 6 日 July 6th (进入旱季) (Begin of dry season)	A	17.60	17.20	18.30	17.70	18.60	19.00
	B	16.40	16.00	18.10	16.80	18.00	17.60
	CK	15.60	16.90	17.40	16.60	19.50	18.90
	A—CK	+2.00	+0.30	+0.90	+1.10	—0.90	+0.10
	B—CK	+0.80	—0.90	+0.70	+0.20	—1.50	—1.30
8 月 8 日 (持续干旱) (Sustained dry season)	A	12.20	15.60	14.30	14.03	12.80	14.20
	B	10.40	14.80	14.30	13.20	13.90	14.60
	CK	10.70	14.50	14.10	13.10	16.10	16.30
	A—CK	+1.50	+1.10	+0.20	+0.93	—3.30	—2.10
	B—CK	—0.30	+0.30	+0.20	+0.10	—2.20	—1.70
8 月 25 日 August 25th (严重干旱) (Serious dry season)	A	6.70	11.00	10.90	9.50	11.30	13.10
	B	6.80	8.60	8.90	8.10	8.50	11.90
	CK	6.40	7.50	8.30	7.40	7.90	12.50
	A—CK (<i>P</i> <0.05)	+0.30	+3.50	+2.60	+2.10	+3.40	+0.60
	B—CK (<i>P</i> <0.01)	+0.40	+1.10	+0.60	+0.70	+2.80	—0.60

注:A——靠近泡桐处,距泡桐 0.5 m; B——远离泡桐处,距泡桐 5 m; CK——对照,非“农—桐”间作地。

在雨水较少的旱季(7 月),“农—桐”群落内 0~30 cm 耕层内土壤水分含量显著高于对照,平均比对照高 0.93%~1.1%。而在耕作层以下 30~60 cm 深处土壤中,“农—桐”群落土壤含水量仍然低于对照,平均比对照低 0.4%~2.7%。说明通过泡桐根系调用深层土壤水分,经蒸腾作用散发至农田上空,使农田空气相对湿度增高,加上树冠的遮荫作用,减少了耕作层土壤水分的蒸发散失,从而使耕作

深度土壤

层土壤水分含量提高,有助于减轻夏秋农作物所受的干旱威胁。

在严重干旱的季节(8月),“农一桐”群落的保湿功能更加明显,除0~10 cm由于失水过快,土壤水分含量差异不大外,10 cm以下土层内土壤水分含量在近泡桐处比对照高2.5%,在远泡桐处也有所提高,平均提高2.1%。无论是在近泡桐还是远泡桐处,土壤水分呈现出显著差异,表明泡桐物种的引进,可以在严重干旱的8月显著改善土壤的水分状况。

3 结论与讨论

1) 研究结果显示,“农一桐”生态工程模式的组建,对丘陵旱地农田生态因子具有明显的调节作用。使农田风速降低27.7%~45.6%;旱季7~8月份的气温下降0.6~1.3℃,空气相对湿度提高1.03%~2.7%;使农田土壤水分含量在严重干旱的季节平均提高2.1%,与对照相比,土壤水分呈现出显著的差异性;因此,在干旱频率较高的鄂中丘陵旱地上实施“农一桐”间作模式,是治理丘陵干旱,改善农田生态环境,增强农业后劲的有效途径。

2) 以“泡桐—小麦—玉米—大豆”和“泡桐—小麦—玉米—棉花”为主体的“农一桐”生态工程立体间套种植模式,通过在时间上的连续和空间上的镶嵌作用,使环境资源得到充分利用。与传统的“小麦—芝麻”种植方式相比,对年生长季节的利用分别增加了132%和141%;对年活动积温的利用分别增加了139.8%和148.9%;由于叶面积的扩大和受光照时间的延长,光能利用率分别提高了0.32%和0.40%。

3) 由于芝麻是当地的重要油料作物,农业生产需要保证一定比例的芝麻种植,因此,“农一桐”模式的组分中可以考虑结合芝麻组分的新型结构,即,根据当地生产的需要,在包括芝麻组分的前提下,进行适当的组分结构调整,这将有利于更加实际地保证农户的利益和生产的需求。

4) 根据长期观察资料,泡桐引进农田以后,最

初三年对农作物尚无不良影响,但随着树龄的增长,树冠的扩展,泡桐的遮荫面积增大,将会影响泡桐下农作物,特别是喜光作物玉米和棉花的受光照状况,进而影响作物的生长和农户收益,因此,如何合理地控制农田泡桐密度、定期整枝、适时轮伐、合理组合泡桐下的农作物种植模式仍然是一个值得研究的课题。

参考文献:

- [1] 马世骏,李松华. 中国的农业生态工程[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [2] 王克林,李文祥. 精确农业发展与农业生态工程创新[J]. 农业工程学报,2000,16(1):5—8.
- [3] 田景瑜,刘桂兰,毕巧玲,等. 泡桐生长与土壤水分关系研究[J]. 河南林业科技,2001,20(4):33—34.
- [4] 孙鸿良. 国内外生态工程学的发展现状与展望,中国生态学发展战略研究[M]. 北京:中国经济出版社,1991.313—346.
- [5] 张壬午,齐树亭. 生态农业的设计与技术[M]. 石家庄:河北科学技术出版社,1990.
- [6] 张春味,姚远强,刘同彬. 不同土壤质地泡桐幼龄林生长的研究[J]. 林业科学研究,1995,8(1):115—118.
- [7] 钦佩,张晟途. 生态工程及其研究进展[J]. 自然杂志,1998,20(1):24—28.
- [8] 段新芳,赵有科. 中国泡桐属木材科学研究现状及展望[J]. 世界林业研究,1996,(1):51—55.
- [9] 骆世民,陈聿华,严斧. 农业生态学[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,1987.
- [10] 蒋建平. 泡桐人工林生态系统的研究(Ⅱ)[J]. 河南农业大学学报,1985,(4):21—26.
- [11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [12] 熊文愈. 生态系统工程与现代混农林生产体系[J]. 生态学杂志,1991,10(1):21—26.
- [13] 颜京松. 环境保护生态工程特点及工艺[J]. 水资源保护,1994,(1):1—7.
- [14] 颜京松,王如松. 近十年生态工程在中国的发展[J]. 农村生态环境,2001,17(1):1—8.
- [15] Joffer R, Rambal C. How Tree Cover Influences the Water Balance of Mediterranean Rangelands[J]. Ecology, 1993, 74(2): 570—583.
- [16] Mitsch J W, Jorgensen S E. Ecological Engineering: An Introduction to Eco-technology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1989.

Ecological effects of the ecological engineering model “crop-paulownia”
on dry-land fields in hilly

FANG Ping¹, CHEN Yu-hua²

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, College of
Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;
2. Dept. of Agronomy, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China)

Abstract: The ecological effects of the dry-land ecological engineering model “Paulownia—maize—wheat—cotton” used in hilly area of central Hubei Province were studied. The results show that, compared with the traditional cultural model of “wheat-sesame”, this model can remarkably improve both the micro-climate of wind and the soil water conditions of the field, reduce the wind velocity 27.7%~45.6%, and increase the soil water content 2.10% averagely in the serious drought season. In addition, this model can increase the organisms growth time and the accumulate temperature ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) by 132%~141% and 139.80%~148.90% yearly, respectively. It provides an efficient engineering model for improving ecosystem conditions of large dry-land fields in hilly areas in China.

Keywords: Paulownia; dry—land in hilly; ecological engineering; ecological effect

(上接第 63 页)

Relationship between the amount of fertilizer applied and
the winter wheat yield in Kasta mountain area

WEI Cheng-xi

(College of Life Science, Guizhou University Guizhou, Guiyang 550025, China)

Abstract: The relationship between the amount of fertilizer applied and the winter wheat yield was researched using saturated D-optimized experimental design for 3—factor case. The result showed that wheat yield increased with increase of organic fertilizer use amount, they are correlated linearly. The use of reasonable amount of N and P led to increase of wheat yield, while the use of too much N and P apparently resulted in decrease of the yield. the amount of N and P used and the output of winter wheat are in parabola relation. The use of certain amount of organic fertilizer and P had an obviously effect on the wheat yield. N use could not be too much. The appropriate use amount of organic fertilizer, urea and superphosphate was 600~750 kg/667 m², 9~12 kg/667 m², and 20~42 kg/667 m², respectively.

Keywords: Kasta Mountain area; winter wheat; organic fertilizer; yield