

胶茶人工群落胶带内增热效应的研究*

马友鑫

(中国科学院昆明生态研究所, 昆明, 650233)

S718.554.1

A

摘要 本文研究了西双版纳地区最冷月胶茶人工群落(PRG)与纯橡胶园(RTC)之间的胶带下层热量平衡各分量和小气候因子的差异。结果表明: RTC使土壤释热和地表有效辐射分别减少0.12和0.15MJ/m²·d, 而净辐射和感热则增加1.6和2.5倍; RTC内空气(1.5m高处)和地面的月平均14:00和最高温度分别提高0.9、1.8℃及2.8、2.6℃。这种增温效应在晴天时更明显。在40--60cm处有一最大增温层, 而地温的增加仅发生在地表层(0--10cm), 0.5m高处东北侧橡胶树干0.8cm深日平均温度RTC比PRG高0.6℃。这些结果说明, 合理的RTC结构有利于减轻橡胶树低温寒害。

关键词 胶茶人工群落, 增热效应, 热量平衡。

橡胶树; 茶树; 人工群落

冬季热量不足是我国植胶区的主要矛盾之一。然而, 合理的橡胶林人工生态结构则能提高林下温度, 改善橡胶树越冬生境^[1]。胶茶人工群落(RTC)是我国推广最为成功的一种生态结构, 对其冬季增温作用曾有零星报道^[1-3]。本文据冬季小气候要素综合观测, 探讨了RTC胶带内热量平衡各分量日变特征及其与纯橡胶园(PRG)之间的差异, 并且讨论了RTC在不同天气状况下的增热效果, 为建立新型橡胶园提供了科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究地点概况 研究地点在原中国科学院云南热带植物研究所人工植物群落实验地内(21°54'N, 101°46'E, 海拔580m); 这里终年受西南季风控制。1月, 每日午前多云雾, 气象要素变化平缓, 午后天气晴朗干爽, 各要素增减明显(图1)。冬季降温以辐射型为主, 偶有辐射平流混合型。

RTC中橡胶树(*Hevea brasiliensis*)种植为宽窄结构(胶带间距18m, 带上两行胶树3m×2m)树高14m、平均胸围53cm、密度330株/hm², 未落叶。胶带间栽植茶树(*Camellia sinensis* var. *assamica*), 密度10500株/hm², 株高约1.0m(茶冠于每年11月修剪)。对照地即PRG设在RTC附近, 橡胶树种植形式、时间(1977年)、行向(S-N)以及实验地坡向(SW)、坡度(<10°)均与RTC相同。

1.2 观测项目 采用日本EKO制造的MS-42型太阳总辐射仪、CN-11型净辐射仪、MR-21型反射辐射仪以及德制热线微风仪、天津气象仪器厂产的通风干湿表和其它常规仪器分别观测林内外总辐射和林内净辐射、反射、风速、空气温度和湿度、土壤和东北侧橡胶树干0.8cm

*系“胶茶人工群落研究与推广”科技成果之一, 完成于原中国科学院云南热带植物研究所。本文承蒙冯耀宗研究员、张克映研究员大力支持和提出宝贵意见; 彭桂英、朱绍兰、袁明辉和黄自云等同志参加观测和部分资料整理工作; 龙碧云同志提供土壤湿度资料, 谨此一并致谢。

本文于1992年3月13日收到, 修改稿于1992年11月5日收到。

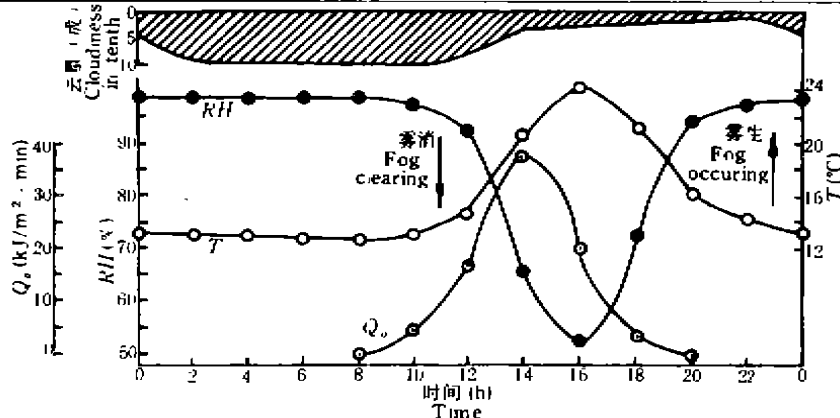


图1 旷地气象要素平均日变程(1985年1月8—16日)

RH: 1.5m处空气相对湿度; T: 1.5m处气温; Qs: 太阳总辐射。

Fig. 1 Mean daily course of meteorological elements in the open field (Jan. 8-16, 1985)

RH: Air relative humidity at 1.5m; T: Air temperature at 1.5m; Qs: Total solar radiation.

深处(约为林木有效厚度的1/2)温度。于1985年1月7—17日在RTC与PRG胶带2m内隔时梯度观测(即20、50、100、150和200cm各高度,另加测300cm高处的风速)。1986年1月1—31日在两林地胶带内设置临时观测点,每日3次(08:00、14:00、20:00)常规观测百叶箱内空气温、湿度以及0—20cm不同深度的地温和1.5m处风速。

1.3 计算方法 一般,胶带内辐射平衡和热量平衡R_n可分别表达如下:

$$R_n = (1 - A)Q - F \quad (1)$$

$$R_n = P + LE + Q_s \quad (2)$$

式中A为胶带地表反射率;Q、F、P、LE和Q_s分别为胶带内太阳总辐射、地面有效辐射、感热、潜热和土壤热通量。P、LE二项和Q_s项分别采用热量平衡法和热平衡台站规范方法^[4]计算,F作为方程(1)余项求得,其余各项实测。

2 结果与分析

2.1 热量平衡各分量日变化

2.1.1 R_n 通量 据(1)式,两林地之间辐射平衡差异为^[4]:

$$\Delta R_n = \Delta Q(1 - A) - Q\Delta A - \Delta F \quad (3)$$

其中,ΔR_n=R_{n1}-R_{n2};ΔQ=Q₁-Q₂;ΔF=F₁-F₂;ΔA=A₁-A₂(注脚号1、2分别代表RTC与PRC);Q与A为两林地的平均值。可见,ΔR_n受ΔQ、ΔF和ΔA影响,本研究以ΔF贡献最大(表1)。其原因:(1)RTC内表土湿度(18.2%)高于PRG(17.0%),及群落中多次反射辐射作用,使A₁降低3%;(2)茶树群体和橡胶树冠向胶带内输送较多长波辐射和阻碍地表长波辐射射向大气。因此,RTC胶带下层R_n昼值明显高于PRG(表1、图2a)。由图2a还可看出,两林地R_n峰值出现于14:00,且ΔR_n在14:00—16:00最大,RTC较PRG平均高1.2kJ/m²·min;在18:00至翌日10:00,R_n<0且较小,两林地间差异不明显。

在日间,胶带内各时R_n(J/m²·min)与林外总辐射(Q_s,J/m²·min)具有下列线性关系:

$$\text{RTC: } R_n = 0.10Q_s + 167.47$$

$$\text{PRG: } R_n = 0.09Q_s + 205.15$$

上2式相关系数均在0.85以上,达到极显著水平(α=0.01)。因此,用林外总辐射可简便估算

两林地的 R_e 值。

表 1 方程(3)中各项平均日间总量

Table 1 Mean daytime total of each term in equation 3 (1985 01 12—16)

	ΔR_e	$(1-A)\Delta Q$	QAA	ΔF
差值 Difference (MJ/m ² ·d)	0.23	0.03	-0.05	-0.15
比值 Ratio (%)	100	13	22	65

2.1.2 P 通量 雾消后特别在 14:00—18:00 时, 橡胶树冠下有逆温现象, <1.0m 处尤为明显(图 3)。逆温出现机率 RTC(90%) 高于 PRG(78%)。这种温度层结有利于冠层热量下传, 补充 R_e 项, 加强 R_e 对胶布下层空气增温的热效性。但在夜间或雾消前, 温度随高度升高多为递减, 逆温现象少而不显。由图 2b 看出, RTC 胶布下层 13:00—20:00 $P < 0$, 冠层向下输送热量, 尤以 14:00—18:00 时明显, 其间 RTC 比 PRG 平均约高 1.3kJ/m²·min。其它时刻 P 基本为正, 但通量较小, 两林地间相差无几。值得指出, RTC 中茶树活动面的下端热量在 P 中可能占相当比例, 并对增温起一定作用。由图 2b 还看出, PRG 胶布下层 13:00—20:00 P 值很小, 这是因其风速较大、乱流混合较强之故。

2.1.3 Q_e 通量 由图 2c 看出, 10:00—18:00 时 $Q_e > 0$, 土表层获热增温, 且 Q_e RTC > PRG, 这种差异在 Q_e 峰值出现时, (14:00—16:00) 增大, RTC 比 PRG 高 0.5kJ/m²·min。在其它时间 $Q_e < 0$, 土表层失热降温, 两林地间差异不明显。就全天而言, 土表层处于失热状态。

据统计, Q_e (J/m²·min) 与 R_e (J/m²·min) 之间的定时观测值具有下列显著线性关系 ($\alpha = 0.001$):

$$RTC: Q_{e1} = 0.76R_{e1} - 393.56$$

$$PRG: Q_{e2} = 0.76R_{e1} - 393.56$$

上 2 式相关系数均达 0.89 以上。

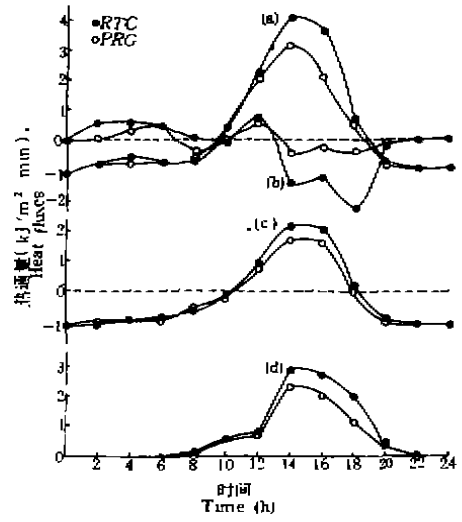


图 2 胶布内热量平衡各分量平均日变程(1985 01 12—16)
Fig. 2 Mean daily course of components of thermal balance within rubber rows

a: R_e ; b: P ; c: Q_e ; d: LE

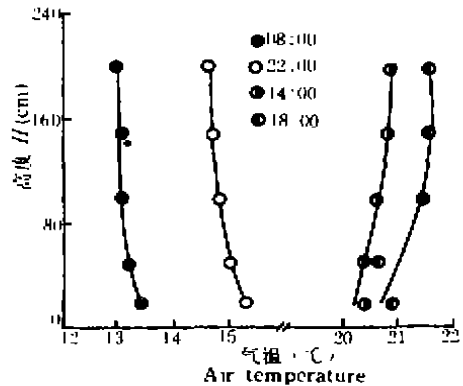


图 3 RTC 内胶布内不同时间气温的高度(H)变化(1985 01 08—16)
Fig. 3 Height(H) variation in air temperature at different time within rubber rows of RTC

2.1.4 LE 通量 图 2d 表明胶布下层潜热主要发生在午后, LE 通量 $RTC > PRG$, 说明地表蒸发量前者高于后者。这是因为, RTC 胶布下层气温较高而提高蒸发能力的效应大于其风速减小而降低蒸发能力的效应。

上述热量平衡各分量的日总量综合地反映在表 2 中。很明显, 胶布下层所获得的热量主要消耗在蒸发潜热上。橡胶树冠层通过乱流扩散向胶布下层输送热量, 从而部分地补充了林地蒸发所消耗的热量高于林地辐射净收入的余值, 其余则来自土壤放热。P 对 LE 的贡献 $RTC (75\%) > PRG (43\%)$, 而土壤释热则 $RTC < PRG$, 如此能量分配特征有利于 RTC 胶布内空气增温与地表层增温。

表 2 方程(2)中各分量的平均日总量(MJ/m²·d)

Table 1 Mean daily total of each term of equation 2 (1995 01 12-16)

	R_n	P	LE	Q_s
RTC	0.50	-0.57	1.26	-0.19
PRG	0.31	-0.23	0.85	-0.31
RTC/PRG	161	248	148	61

2.2 林地增温效应

2.2.1 动力效应 动力效应是 RTC 的主要作用之一。对胶布下层而言, 群落中的茶树群体犹如风障, 它对下层的气流运动产生影响。图 4 表明 RTC 减弱风速明显, 1.0m (约为茶冠平均高度) 以下尤为突出(图 5)。RTC 降低胶布下层风带和改变气流的性质, 使乱

流交换减弱, 因而间接地影响到其它小气候因子, 进一步地加强热力效应和人文效应。另外, 减少风速可减缓橡胶树干辐射失热, 益于胶布抗寒。

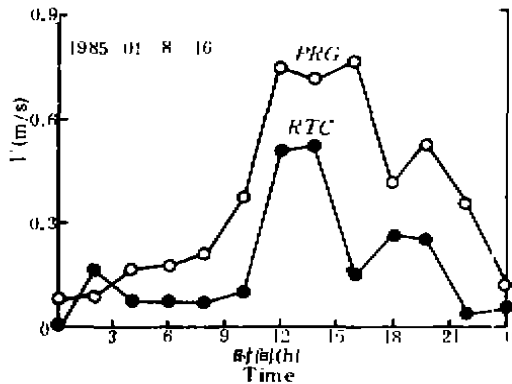


图 4 胶布内 1.5m 处的风速

Fig. 4 Wind speed (V) at 1.5 m within rubber rows

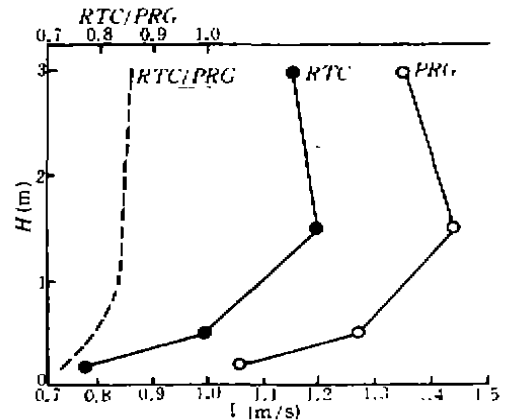


图 5 胶布内风速的高度分布(1985 03 01)

Fig. 5 Height (H) distribution of wind speed (V) within rubber rows

2.2.2 温、湿效应 从表 3 a 看出, 胶布下层

空气水汽压以 RTC 为大, 在午后(14:00 时)表现更明显, 这是与 RTC 胶布内风速降低、湍流减弱和水汽不易扩散相联系的。而且在不同天气条件下, 两林地间水汽压不同。由于 RTC 胶布下层气温的提高(见后), 致使其空气水汽压差(vpd)增大, 尤在 14:00 时和晴日时表现充分。在晴天 14:00 时, 空气相对湿度 RTC 比 PRG 平均降低 2%。

表 3 b 显示 RTC 和 PRG 胶布下层各种气温的变化特征。与 PRG 比较, RTC 对昼温的增加明显, 月平均最高和 14:00 时气温分别提高 1.8℃和 0.9℃, 对最低气温影响不大。晴空时, 橡胶树冠热效应加强并通过乱流交换向下层输送更多热量, 加之茶树热力和风障作用(降低风速、减弱湍流混合和减少感热通量散失), 气温增加明显; 但在多云或阴天时, 茶树群体和胶布

层向胶带下层输送的热量基础较低,故 RTC 的增温效果减小(表 3b)。RTC 的增温效果因距地面高度不同而异,在 40—60cm 存在一个最大增温层(图 6),在此高度上下增温量均降低,这类似于张克映的观测结果^[4]。其主要是因茶树群体的热力和动力效应的结果。RTC 对地温的提高与气温相似(见表 3c),只是提高幅度加大。地温的增加是因 Q₀ 在昼间增加之故。随着土壤深度增加,温度的增量降低,约在 10cm 深处两林地基本相当。因此,RTC 胶带内地温的增加仅发生在地表层(0—10cm)。

表 3 不同天气条件下胶带内两林地间小气候要素的比较(1986 01)

Table 3 Comparison of microclimatic elements between two sites within rubber rows in different weather conditions

项目 Item	天气型 Weather type (days)						平均 Mean		
	晴 Clear(16d)		曇 Cloudy(10d)		阴 Overcast(5d)		RTC	PRG	
	RTC	PRG	RTC	PRG	RTC	PRG			
a. 1.5m 高处空气水汽压(e, hPa)和水汽压差(vpd, hPa) Air vapor pressure((e) and its deficit(vpd) in hPa, at 1.5m									
\bar{e}	15.5	15.3	15.8	15.6	13.8	13.8	15.3	15.2	
e_{14}	17.2	16.4	17.2	16.5	14.0	13.4	16.7	15.9	
vpd	3.8	3.0	3.4	3.0	2.8	2.7	3.5	3.0	
vpd_{14}	10.3	8.8	9.3	8.9	7.5	7.9	9.7	8.7	
b. 1.5m 高处气温(°C) Air temperature(T, °C) at 1.5m									
\bar{T}	16.9	16.1	16.7	16.2	14.6	14.4	16.5	15.9	
T_{14}	22.4	21.2	21.8	21.1	18.6	18.5	21.6	20.7	
T_{max}	25.9	23.5	24.1	22.4	20.2	19.9	24.4	22.6	
T_{min}	12.0	11.9	12.3	12.1	10.9	10.7	11.9	11.8	
c. 土壤温度(ST, °C) Soil temperature (ST, °C)									
0cm	\overline{ST}	18.7	17.4	17.9	17.2	16.2	15.8	18.0	17.1
	ST_{14}	28.0	23.7	24.6	22.6	20.8	20.9	25.7	22.9
	ST_{max}	35.1	31.2	31.6	29.9	24.7	24.4	32.3	29.7
	ST_{min}	13.7	13.2	13.8	13.2	12.7	12.2	13.6	13.0
5cm depth	\overline{ST}	18.3	17.4	17.8	17.1	15.8	15.8	17.7	17.0
	ST_{14}	25.1	22.2	23.5	21.4	19.4	19.4	23.7	21.5

注:表内符号上有横线者或右脚注 14, max 和 min 分别为平均 14:00 时测值、最高与最低。

Note: Bars over symbols, and 14, max and min at right footnote of symbols indicate means, and measurements at 14:00 h, the maximum and minimum, respectively, in this table.

在雾消前,橡胶树干温度降到最低;在 16:00 前后升到最高(图 7)。橡胶树干温度 RTC > PRG,在 15:00—18:00 时尤为明显,RTC 增温近 1.0°C。

一般,在低温尚未达到杀伤程度的前提下,提高昼温可减轻橡胶树低温寒害,这可以从滇西资料^[5]的下列统计结果得以印证:

$$CR = 19.76 - 0.29T_{max} - 0.91T$$

其中 CR 为橡胶树烂脚病(级); T_{max} 和 T 分别为日最高和日平均气温(°C)。上式复相关系数为 0.87,达到极显著水平($\alpha=0.001$)。

3 结论与讨论

3.1 RTC 较为明显地阻止了胶带内地表长波辐射与大气间的交换,而且橡胶树和茶树活动面又向胶带下层提供更多长波辐射,从而减少地表有效辐射。因 RTC 中双层生物群落对光能

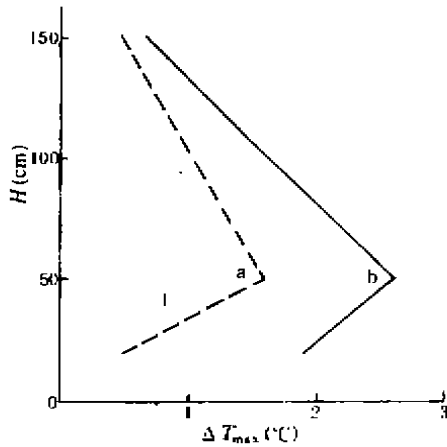


图 6 胶带内 RTC 和 PRG 之间最高气温之差(ΔT_{max})与高度的关系
 a, 1982 01 21—30 平均 daily mean
 b, 1985 01 07—18 日平均 daily mean
 Fig. 6 Relation of difference in maximum air temperature (ΔT_{max}) between RTC and PRG to height (H) within rubber rows

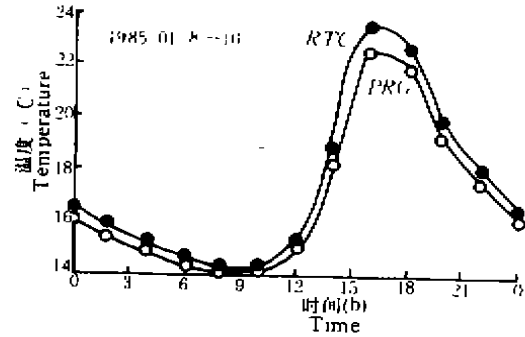


图 7 0.5m 高处东北侧橡胶树干 0.8cm 深温度的平均日变化(1985 01 08—16)

Fig. 7 Mean daily change of temperature at 0.8cm depth of northeast-direction rubber trunk at 0.5m height
 多次反射、吸收和转化,减少支出而提高热力效应。

3.2 RTC 内两个活动面为胶带下层输送较多感热,茶树的风障作用又加强了这种效应。日平均而言,胶带内土壤为失热,但 $RTC < PRG$,这是因前者昼间土壤多蓄热之故。

3.3 RTC 提高了胶带下层空气、地表层(0—10cm)和橡胶树干温度,特别在昼间高温期提高更显著;对最低气温影响甚微,地面最低则有所提高。这种增温效果在晴天时增大,多云或阴天时降低。胶带下层 40—60cm 处存在一个最大增温层。

3.4 提高胶带下层空气水汽压,但因与温度的联系,致 vpd 增大和空气相对湿度降低。

最后, F 的计算是作为方程(1)的余项处理的,本文未就器差造成的影响做出估计,而增热效果与群落结构之间的关系也有待进一步探讨。

最后, F 的计算是作为方程(1)的余项处理的,本文未就器差造成的影响做出估计,而增热效果与群落结构之间的关系也有待进一步探讨。

参 考 文 献

(1)张克映.林地增温效应与热带橡胶林抗寒结构.农业气象,1982,6(2),19—25
 (2)冯耀宗,汪汇海,张家和等.巴西橡胶-云南大叶茶人工植物群落的实验生态学研究.植物学报,1982,24(2),164—171
 (3)Feng Yaozong. The ecological effect of windbreak and chilling injury resistance of rubber-tea artificial community. Climatological Notes 1988, (38), 233—228
 (4)翁鸣鸣,陈万隆,沈竟成等.小气候和农田小气候.北京:农业出版社,1981,22,41—80
 (5)云南省农垦局德宏分局热作试验站.对德宏垦区胶树烂脚的认识.热作科技通讯,1978, (1), 23—27

STUDIES ON THE INCREASED HEAT EFFECT WITHIN THE RUBBER TREE ROWS OF MAN-MADE RUBBER-TEA COMMUNITY

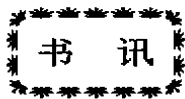
Ma Youxin

(Kunming Institute of Ecology, Academia Sinica, Kunming, 650223)

Differences in the various components of thermal balance and the microclimatic factors within lower layers of rubber tree rows between a man-made rubber-tea community (RTC) and a pure rubber garden (PRG) in the coldest month were studied in Xishuangbanna, Yun-

nan province. As compared with PRG, the RTC has a soil heat release and an effective radiation from soil to the atmosphere reduced by 0.12 and 0.15 $\text{MJm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, respectively, the net radiation and the sensible heat raised by 1.6 and 2.6 folds, respectively; monthly averaged 14:00 air temperature and the maximum air temperature at a height of 1.5m increased by 0.9 and 1.8 $^{\circ}\text{C}$, respectively; and monthly averaged 14:00 air temperature and a maximum air temperature at soil surface increased by 2.8 and 2.6 $^{\circ}\text{C}$, respectively. Such an increased temperature effect (ITE) was even more obvious when it was a clear sky. A maximum (ITE) layer existed between the heights of 40 and 60 cm. The daily average temperature at 0.8cm depth of rubber tree trunk in northeast direction at height of 0.5m was 0.6 $^{\circ}\text{C}$ higher in RTC than in PRG. These results indicated that a more rational structure of RTC would be advantageous to lessen the chilling injury by a lower air temperature to rubber trees.

Key words: Man-made rubber-tea community, increased heat effect thermal



《生态农业理论与方法》一书最近出版

山东科技出版社最近出版了由孙鸿良等主编的《生态农业理论与方法》一书。本书特点有五:(1)对生态农业原理和发展趋势做了较详细的论述,令人信服地感到,中国的生态农业与国外的“替代农业”、“现代农业”或中国的“传统农业”都不一样,有其独特而明确的生态学基础;(2)书中对生态农业技术有专门的介绍,澄清了某些人认为生态农业没有自己独立技术体系的误解。生态农业技术的实质是提高各种生态效率。本书从各种生态农业结构模式中一一分析了提高光能利用率、资源循环再生率、生物共生互惠效率、食物链转化效率以及充实生物生态位与增强生物多样性在农业增产上的使用等,而且都与改善生态环境紧密结合起来,使人相信这些技术产生的结果必然是附加能量少投入,资源得以节约利用,污染源可以减少,整个景观生态得以改善。书中以大量事实令人信服地证实生态农业建设的目标——农业生产与环境保护同步发展是可行的。(3)当前全国 1000 多个生态农业试点正在进行工作,其中以县为单位进行生态农业规划的有 50 多个,但过去不太明确生态县建设成就的标志是什么?其主要量化指标又是什么?本书从几个生态县的建设成就分析其各自某些指标值,并前后形成区域性指标体系,这是可取的,为由生态户、村逐渐向生态县发展打下了良好的量化分析基础。本书还介绍了生态县规划原理与方法,可作为工具书使用。(4)本书还介绍了生态农业建设中的环境对策,有关政策法规的调节与导向作用等,并以具体事例分析了生态农业持续发展与环境保护的关系。例如对有的县分析结果是,尽管其国民生产总值在逐年上升,但环境成本也在逐步上升,而且环境成本系数,净产值环境折扣率也在不断增大,说明了不仅损失费用在不断地递增,而且递增的速率还大于经济本身发展的速率,这是他们原先所意想不到的。因此本书给出一个判定持续发展的必须条件:“只有环境损失费用的递增速率小于经济增长速率时才有可能持续发展。”(5)本书还以较大的篇幅介绍了生态农业的分析、设计与其建设的方法,从而体现了本书理论与方法紧密结合的特点。因此本书是当前生态农业建设中出现的能满足广大读者需要的一本好书,对农业、环境工作者、从事农业生态学研究的人员以及教学和科研人员都有参考价值。

(陈昌马 供稿)