

# 云南南亚热带北缘地区稻田亩产吨粮的 种植模式及其生态生理学研究

张石宝<sup>1</sup>, 李树云<sup>1</sup>, 李存信<sup>1</sup>, 朱 勇<sup>2</sup>, 普文法<sup>3</sup>, 尹树华<sup>3</sup>

(1. 中国科学院昆明植物研究所, 云南昆明 650204; 2. 云南省农业气象中心, 云南昆明 650031;  
3. 蒙自县农业技术推广中心, 云南蒙自 661100)

**摘 要:** 1996~1999年, 在云南省蒙自县草坝镇(南亚热带北缘)进行了亩产吨粮的种植模式研究。通过对春、夏、秋、冬播玉米, 早、中、晚稻以及冬小麦的系统研究, 以地上部分总干物重、籽粒产量、总入射辐射照量、叶面积持续期(灌浆期)、氮肥的利用率和生产力、水生产力为指标, 对早稻—晚稻、早稻—秋玉米、早稻—冬小麦、春玉米—晚稻、夏玉米—冬小麦、中稻—冬小麦和中稻—冬玉米7种复种模式作了比较, 选出中稻—冬玉米为一年两熟亩产吨粮的最佳种植模式。

**关键词:** 亩产吨粮; 种植模式; 生态生理学基础

**中图分类号:** S344.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2001)02-0150-07

## Cropping system and its ecophysiological study for one ton grain produced per mu in rice field of Yunnan South Subtropical Region

ZHANG Shi-bao<sup>1</sup>, LI Shu-yun<sup>1</sup>, LI Cun-xin<sup>1</sup>  
ZHU Yong<sup>2</sup>, PU Wen-fa<sup>3</sup>, YIN Shu-hua<sup>3</sup>

(1. Kunming Institute of Botany, The Chinese Academy of Science, Kunming 650204, China; 2. Yunnan Agricultural Meteorology Center, Kunming 650031, China; 3. Mengzi County Agricultural Technique Popularization Center, Mengzi 661100, China)

**Abstract:** During 1996~1999, the growth systems of one ton grain produced per mu (one mu=666.7 m<sup>2</sup>) were studied at Caoba town in Mengzi county of Yunnan province. Spring corn, summer corn, autumn corn, winter corn, early rice, mid-rice, late rice and winter wheat were studied systematically. Basing on dry matter weight of above ground part, grain yield, total incident radiation amount, leaf area duration (filling stage), productivity and utilization of N, water productivity, the following 7 cropping systems of early rice—winter wheat, early rice—autumn corn, early rice—winter wheat, spring corn—late rice, summer corn—winter wheat, mid-rice—winter wheat and mid-rice—winter corn were compared and the mid-rice—winter corn was selected as the best cropping system for one ton grain produced per mu of two crops in a year in south subtropical region of Yunnan.

**Key words:** One ton grain produce per mu; cropping system; ecophysiological basis

收稿日期: 1999-08-23

作者简介: 张石宝(1970-), 男, 云南曲靖人, 在职研究生, 助研, 从事植物生态生理研究。

基金项目: 云南省“九五”科技攻关课题(编号: 95A7-2)。

蒙自坝区位于 23° N 附近, 海拔 1 300 m 左右, 处于南亚热带北缘<sup>[1]</sup>。年均气温 18.5 °C, 霜期 41.6 d (5/12~9/1), 霜日 5.4 d, 年日照时数 2 234 h, 年均太阳总辐照量 133.8 kcal/cm<sup>2</sup>, 年降水 815.8 mm (表 1)。

表 1 蒙自坝区主要气象因子的年分布

Table 1 Annual distribution pattern of main meteorological factors in Mengzi Plain

项目 Item	月份 Month												年 Year
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
月均温(°C) Monthly mean temperature	12.1	14.0	18.0	21.0	22.6	22.8	22.7	22.0	21.0	18.7	15.4	12.6	18.5
月均降水量(mm) Monthly mean rainfall amount	12.7	16.9	25.8	44.4	90.6	126.9	157.0	159.7	86.4	54.7	27.6	15.9	815.8
月均日照时数(h) Monthly mean sunshine duration	215.1	204.6	235.0	229.2	206.3	140.3	150.3	153.8	160.6	150.3	179.3	209.2	2234.1
月均辐照量(kcal/cm <sup>2</sup> ) Monthly solar radiation amount	9.5	10.3	13.1	13.7	14.0	11.5	11.6	11.2	10.8	9.8	8.9	9.3	133.8

蒙自坝区水田过去以一季中稻为主, 冬作有少量小麦和蚕豆, 多为冬闲田, 复种指数 127%。中稻产量 7 500~9 000 kg·hm<sup>-2</sup>, 小麦 1 500 kg·hm<sup>-2</sup> 左右, 蚕豆以鲜食为主。全年利用土地 4~5 个月, 利用有效积温 40%, 辐射量 41%, 日照时数 34%。3~5 月的光热资源基本未被利用(小麦已收, 中稻才播)。

亩产吨粮技术的开发研究主要在国内。国外有水稻—玉米轮作, 但仅将玉米作为粮食的一种补充<sup>[2]</sup>。在我国南方的江苏、湖南和贵州等地建立了以产量和效益为基础的春玉米—晚稻和早稻—秋玉米的亩产吨粮模式<sup>[3~5]</sup>。这两种模式是基于当地春雨充沛, 夏季高温强光的气候特点而来的, 能较好地利用当地的气候资源。在蒙自坝区, 这两种复种模式都很难充分利用当地 3~5 月的光能。本研究试图通过春、夏、秋和冬播玉米, 早、中 and 晚稻以及冬小麦的系统比较, 以生态生理学研究为基础, 找出适宜于蒙自坝区亩产吨粮的最佳种植模式。

## 1 材料与方 法

试区设在蒙自县草坝, 土壤为沼泽土, pH 6.5~7.0, 有机质含量 2%~3%, 总氮(N)含量 0.136%, 速效磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 35×10<sup>6</sup>, 速效钾(K<sub>2</sub>O) 142.8×10<sup>6</sup>, 试验采用邻田对比, 面积 1 334~1 667 m<sup>2</sup>。

玉米春播(12/3~24/7)、夏播(30/5~23/9)和秋播(22/8~24/12)使用云单 13 号。冬播(10/12~14/5)用京杂 6 号覆膜栽培。早稻(早育秧, 20/3~29/7)为威优 647, 中稻(覆膜育秧, 10/4~21/9)为Ⅱ优 63, 晚稻(水育秧, 25/6~18/11)为汕优晚三。

从表 1 可看出, 蒙自坝区冬无严寒, 夏无酷暑, 降水集中, 干湿分明, 湿热同步, 太阳辐射量高, 尤以 3~5 月光照条件最好, 日照时数 670.5 h, 太阳辐射总量 42.8 kcal/cm<sup>2</sup>。如能充分利用此时段的光能, 将会使蒙自坝区的粮食产量上一个新台阶。

玉米采用分墒(墒面宽 1.4 m)开沟点播, 行距 0.5 m, 株距 0.2 m。实际存留苗数为: 春玉米 6.2 株/m<sup>2</sup>, 夏玉米 4.6 株/m<sup>2</sup>, 秋玉米 6.0 株/m<sup>2</sup>, 冬玉米 6.2 株/m<sup>2</sup>。水稻拉线条栽, 32 丛/m<sup>2</sup>, 早稻单苗移栽, 中稻和晚稻每丛 3 苗。冬小麦机播, 每 hm<sup>2</sup> 用种 150 kg, 品种为 8124。

在齐穗期(花丝期)和收获期采样(玉米 5 株、水稻 5 丛, 小麦 20 株)测定不同器官的干物重和 N、P、K 含量。苗期、拔节期、齐穗期(或花丝期)和收获期用 CID 型数字式冠层成像仪(美国 CID INC)测算 LAI。灌浆中期用 LI-188 型辐照-光度计测冠层光分布。

施肥: 玉米总 N 180 kg·hm<sup>-2</sup>, 以 1:2:1 分别作底肥和破膜引苗及大喇叭口期的追肥; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 114 kg·hm<sup>-2</sup> 全作底肥。水稻底肥(N 102 kg·hm<sup>-2</sup>+ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 114 kg·hm<sup>-2</sup>), 追肥 N 138.0 kg·hm<sup>-2</sup>。小麦种肥(N 138 kg·hm<sup>-2</sup>+ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 112 kg·hm<sup>-2</sup>), 追肥 N 138 kg·hm<sup>-2</sup>。

灌水: 冬、春玉米各 4 次, 夏、秋玉米不灌; 早稻雨季前灌水 2~3 次, 中、晚稻灌水保苗外, 其它时间补充 1~2 次。冬小麦除底墒水外, 全季灌水 4 次。

## 2 结果与讨论

### 2.1 叶面积动态

图 1 表明, 作物苗期处于较高温度时, 叶面积指数上升快, 且最高叶面积指数比同一种作物要高, 如早稻、中稻和夏玉米。但早期叶面积增加快和叶面积指数大的作物, 灌浆期衰落的也快, 如水稻平均衰减 73.7%, 夏玉米衰减 61.4%, 而冬玉米和秋玉米叶面

积仅平均衰减 12.9%，这主要是后期群体内光环境恶化造成的。据测定冬玉米灌浆中期，射到地面的光占 13%左右，而中稻仅 2%~3%，再加之灌浆期所处的天气状况不同，使得早稻、中稻、夏玉米、晚稻和春玉米灌浆期的光环境远不如冬玉米和秋玉米，造成下部叶片的光饥饿加速了叶片的衰老。使其灌浆期的叶面积持续期大打折扣(表 2)，如水稻和夏玉米的最高指数比冬玉米的高得多(图 1)，但其灌浆期的叶面积持续期却和冬玉米的处于同一水平，而春玉米灌浆期叶面积持续期还明显低于冬玉米。

表 2 灌浆期叶面积持续期(d)

Table 2 Leaf area duration(LAD)at grain filling period

作物 Crop	春玉米 Spring maize	夏玉米 Summer maize	秋玉米 Autumn maize	冬玉米 Winter maize	早稻 Early rice	中稻 Mid- rice	晚稻 Late rice	冬小麦 Winter wheat
叶面积 持续期 LAD	112.4	146.6	89.0	135.5	142.7	138.2	135.1	42.0

2.2 干物质的生产与分配

表 3 中可看出，在春、夏、秋、冬玉米之间，其产量和总干物重顺序为冬播>春播>夏播>秋播，这主要受灌浆期各自的叶面积大小和光温条件的影响。春玉米 3 月中旬播种，5 月下旬进入灌浆期，此时蒙自坝区雨季开始，多连续阴雨天气，对玉米籽粒产量和干物质生产有负面影响。从总干物重看，花丝期前春玉米的总干物重比后期的大，而夏、秋和冬播玉米则是后期干物质生产量大于前期。夏玉米一生中处于高温高湿环境中，植株高大繁茂，最高 LAI 远超过其它三季播种的玉米(图 1)，致使相互遮荫严重，弱苗难以存活(播种规格一致，夏玉米最终为 4.6 株/m<sup>2</sup>，春、秋和冬玉米分别为 6.2 株/m<sup>2</sup>、6.0 株/m<sup>2</sup>和 6.2 株/m<sup>2</sup>)，单位土地面积的干物质质量和产量难达到较高水平。秋玉米灌浆总干物质生产量并不很低，但灌浆期的低温对同化物向籽粒运输不利而使籽粒产量偏低

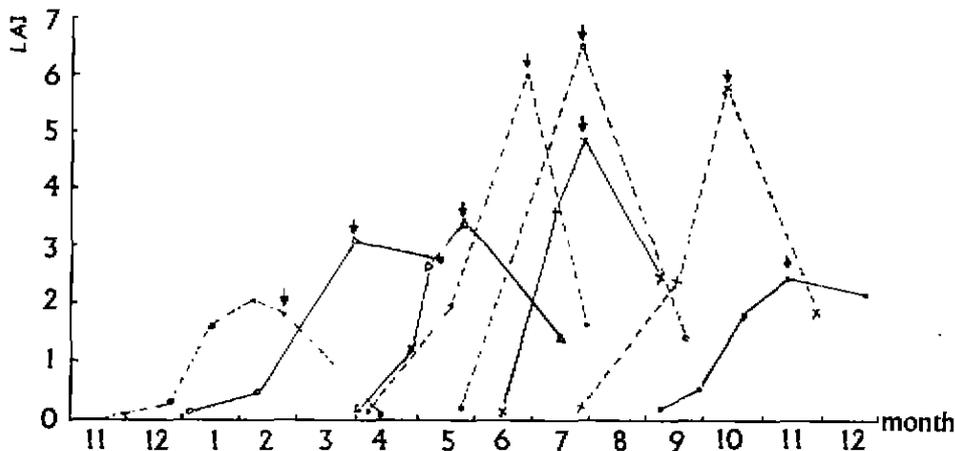


图 1 作物在各自生育期中叶面积指数的变化(箭头示开花期)

Fig. 1 The variation of crop LAI in different growth and development period

—△— 春玉米 Spring corn; —×— 夏玉米 Summer corn; —●— 秋玉米 Autumn corn; —□— 冬玉米 Winter corn; ---●--- 早稻 Early rice; ---○--- 中稻 Mid-rice; ---×--- 晚稻 Late rice; ---●--- 冬小麦 Winter wheat.

(收获指数仅 29.4%)。冬玉米在灌浆期既有较稳定的 LAI(3.06~2.71)，又处于全年最佳的太阳辐照之下，得到最高的产量和干物重是合理的。

在早、中、晚稻之间，中稻和早稻的籽粒产量和生物产量基本一致，但全生长期均处于高温高湿下的中稻，营养体更为繁茂，后期叶片衰老的更快。收获期功能叶的干重为 150.0 g/m<sup>2</sup>，LAI 仅为 1.35，而早稻分别为 186.0 g/m<sup>2</sup>和 1.58。中稻收获指数为 40.7%，早稻为 52.1%。晚稻 7 月下旬移栽，营养生长处于较好的温度环境中，营养生长较好，灌浆期的干物重占

总干物重的近 80%，收获指数仅 23.4%，主要是受灌浆期(11/10~28/11)低温的影响。

蒙自坝区属南亚热带气候类型地区，冬季温度较高，冬小麦生长发育快，全生育期 150 d 左右，其灌浆期(2 月下旬~4 月中旬)正是干热风盛行的季节。叶片衰老快，至成熟期已无功能叶。从全国农业区划<sup>[2]</sup>和国外资料来看，南亚热带地区都未列入小麦种植。此类地区看来与其种植冬小麦还不如种植冬玉米。

2.3 光能利用

按谷物每 g 干重含 4 kcal 热量<sup>[1]</sup>计，利用干物质

和总太阳辐照量在各作物的生育期中的入射量,计算出各种作物光能利用率。

表 4 表明,水稻全生长季的光能利用率比玉米高,这和水稻 LAI 较高是一致的(图 1),与水稻能较好利用弱光的能力也有很大关系(水稻光饱和点为全光照的 50%左右,玉米一般达不到光饱和点)。因为水稻在雨季生长,太阳辐照量较低(表 1),而干物质生产未受影响,有较高的光能利用率,这也为当地水

稻有较高产量的事实所证明。但在高辐照度下,冬玉米灌浆期的光合作用能充分发挥作用,其灌浆期的光能利用率不但高于春播(1.63%)、夏播(2.48%)、秋播玉米(2.51%),也比早稻(2.57%)、中稻(2.52%)高。晚稻低得多的光能利用率(1.43%),则主要是受制于低温,光合作用在一定程度上被抑制,这也可由晚稻前期光能利用率高于后期的事实得到证明。冬小麦过低的 LAI(最高为 2.0),导致截获光太少。

表 3 各作物齐穗期(花丝期)和收获期地上部分干物重及其在各器官中的分布(g/m<sup>2</sup>)

Table 3 Dry matter weight of each organ and its distribution among organs of above ground parts of different kind crop at silking and harvest

作物 Crop	时期 Period <sup>1)</sup>	总重 Total weight	籽粒 Grain	叶 Leaf	鞘 Sheath	茎 Stem	雄花 Male spike	苞 Hulk	穗轴 Cob	枯死 Died part
春玉米 Spring corn	S	883.5	—	270.0	183.9	267.5	54.7	67.6	39.9	—
夏玉米 Summer corn	H	1 699.1	769.4	166.0	101.5	276.7	26.4	101.5	178.3	52.3
秋玉米 Autumn corn	S	576.9	—	201.5	50.4	215.2	32.0	45.8	32.0	—
冬玉米 Winter corn	H	1 532.1	718.9	137.4	57.7	238.1	13.7	100.7	192.3	73.3
早稻 Early rice	S	418.2	—	114.0	72.0	144.0	36.0	14.4	30.0	7.8
中稻 Mid-rice	H	1 507.7	443.9	174.0	144.0	267.0	28.8	198.0	204.0	48.0
晚稻 Late rice	S	574.7	—	174.6	94.4	170.8	40.7	58.2	30.8	5.2
冬小麦 Winter wheat	H	2 054.8	871.6	198.0	121.4	272.8	29.5	269.5	249.9	42.0
早稻 Early rice	S	1 584.3	—	363.0	494.9	363.0	—	—	198.0	165.4
中稻 Mid-rice	H	2 408.8	989.9	165.0	264.0	264.0	—	—	99.0	626.9
晚稻 Late rice	S	1 498.8	—	285.0	363.0	370.8	—	—	300.0	180.0
冬小麦 Winter wheat	H	2 430.0	1 089.0	150.0	270.0	330.0	—	—	150.0	540.0
早稻 Early rice	S	1 102.2	—	211.2	396.0	264.0	—	—	132.0	99.0
中稻 Mid-rice	H	1 379.0	337.5	66.0	363.0	264.0	—	—	66.0	323.0
晚稻 Late rice	S	396.5	—	84.5	146.2	65.1	—	—	52.0	48.7
冬小麦 Winter wheat	H	540.7	226.0	0	0	115.9	—	—	51.5	146.7

<sup>1)</sup>S-花丝期 Silking; H-收获期 Harvest.

表 4 各作物营养生长期和灌浆期的入射辐照量和光能利用率

Table 4 Incident solar radiation amount and light energy use efficiency of each crop in vegetative growth period and grain filling period

作物 Crops	入射太阳辐照量(kcal/c m <sup>2</sup> ) <sup>1)</sup> Incoming solar radiation amount			光能利用率(%) Light energy utilization efficiency		
	营养生长期 Vegetative growth period	灌浆期 Filling period	全季 Whole growth period	营养生长期 Vegetative growth period	灌浆期 Filling period	全季 Whole growth period
春玉米 Spring corn	28.5	20.0	48.5	1.30	1.63	1.40
夏玉米 Summer corn	20.9	15.9	36.8	1.10	2.48	1.66
秋玉米 Autumn corn	24.0	17.3	41.3	0.69	2.51	1.33
冬玉米 Winter corn	38.8	20.4	59.2	0.79	2.94	1.39
早稻 Early rice	35.8	12.8	48.6	1.77	2.57	1.98
中稻 Mid-rice	34.2	14.8	49.0	1.75	2.52	1.98
晚稻 Late rice	20.9	9.9	30.8	2.10	1.12	1.43
冬小麦 Winter wheat	33.5	19.9	53.4	0.40	0.40	0.40

<sup>1)</sup>玉米和小麦由播种起,水稻由栽插起计算入射辐照量。

## 2.4 灌浆期干物质生产和叶面积与入射辐照的关系

在对表 2、4 和图 1 的资料以及各作物灌浆期时间进行综合分析时,发现灌浆期的干物质生产量(g/m<sup>2</sup>)和其叶面积持续期(LAI X 天数)与各时段辐照量

的乘积呈显著正相关(图 2)。

由图 2 可以看出,二者的相关系数为 0.903 4,说明灌浆期干物质生产是当时的叶面积大小、灌浆期长短和辐照强度三者协同作用的结果。

表 5 各作物的氮肥利用率和生产力(差减法计算)  
Table 5 The utilization efficiency and productivity of nitrogen fertilizer of every crop

项目 Item	春玉米 Spring corn	夏玉米 Summer corn	秋玉米 Autumn corn	冬玉米 Winter corn	早稻 Early rice	中稻 Mid-rice	晚稻 Late rice	冬小麦 Winter wheat
N 肥利用率(%) Utilization efficiency of N	41.0	44.3	33.6	42.9	42.3	40.4	33.8	28.0
生物产量 Biological yield	94.4	85.1	83.7	104.3	100.3	101.2	57.5	39.2
生产力(g/kg) Productivity	44.2	39.9	24.7	48.8	41.2	45.4	24.2	10.9
经济产量 Economic yield								

表 6 各季作物本田期对水资源的利用和水的生产力  
Table 6 Water utilization and productivity of each crop in field growth period

项目 Item	春玉米 Spring corn	夏玉米 Summer corn	秋玉米 Autumn corn	冬玉米 Winter corn	早稻 Early rice	中稻 Mid-rice	晚稻 Late rice	冬小麦 Winter wheat
自然降水(mm) Nature rainfall	404.5	489.0	293.0	138.0	388.9	558.9	329.9	99.4
灌溉用水(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> ) Irrigated water	2 400	0	0	3 000	2 700	1 500	1 800	4 500
水生产力(g/kg) Water productivity	1.23	1.47	1.51	2.00	1.40	1.39	0.66	0.45

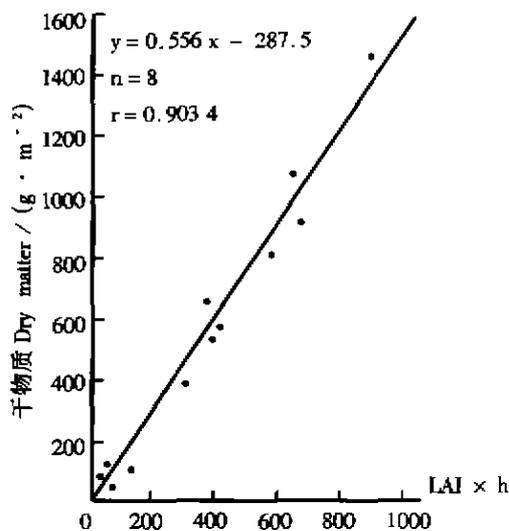


图 2 灌浆期干物质生产量和叶面积持续期与辐照量乘积的关系

Fig. 2 Relation between dry matter production and product of LAI duration and radiation amount at grain filling stage

## 2.5 氮肥的利用率和生产力

表 5 表明春、夏、冬播玉米和早、中稻的氮肥利用率均在 40% 以上, 高于晚稻、秋玉米和冬小麦的氮肥利用率, 其中以夏玉米最高(44.3%)。夏玉米高的氮肥利用率与其生长期较高的地温有关, 较高的地温促进根系生长, 也提高根系的吸收能力。在生物学产量和籽粒产量上表现为 N 生产力以冬玉米最高, 中稻

次之。早稻每克氮肥生产的总干物重虽高于春玉米, 但籽粒产量低于春玉米。同时, 在玉米的种植中, 氮肥的生产力与其生长期的长短密切相关, 即与其得到的太阳辐照量和生长期的长短相关。

## 2.6 水资源的利用

蒙自坝区降雨集中, 干湿季分明, 不同季节栽培的作物对水资源的使用差距很大。当地 5 月下旬进入雨季。过去水利工程欠佳时以雨养种植为主; 旱地作物雨养, 水稻需保苗 30~45 d, 冬季作物因处于旱季, 很少种植(约 27%)。通过对全年降雨量的统计, 并利用机灌抽水数据对各季作物本田用水作了分析。

表 6 显示, 利用自然降水最多的是中稻, 占总用水量的 78.8%, 灌溉用水主要用于栽插保苗。夏玉米和秋玉米靠雨养, 不用灌水。利用自然降水 300~400 mm 的有早稻、晚稻和春玉米(分别为 388.7 mm、329.9 mm 和 404.5 mm)。春玉米和早稻生长期内有较多的自然降水, 但集中在灌浆期, 为保证营养生长必需灌溉 2~3 次(各约需水 2 400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 和 2 700 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>), 如果雨季晚来需水更多。中稻是该地区的习惯种植方式, 4 月下旬至 5 月上旬栽插(表 5 所列为接冬玉米推迟到 5 月下旬栽插的估算), 约多 2 次灌水(1 200~1 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)。利用降雨最少的是冬小麦(99.4 mm)和冬玉米(138 mm), 由于冬玉米采用覆膜栽培, 用水量(灌溉水)较少(3 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>), 而冬小麦需水较多(4 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)。在冬季作物的栽培

中应特别注意节水技术。

在水生产的经济产量上,以覆膜栽培的冬玉米最高( $2.0 \text{ kg/m}^3$ ),主要是避免了地表的无效蒸发。春玉米则营养生长期地面蒸发量太大,在玉米的各季栽培中以其水生产力最低。早稻和中稻用水量相似,但早稻需灌水更多(早稻  $2700 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,中稻  $1500 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ )。晚稻虽需水较少,但产量甚低(仅相当于早、中稻  $1/3$  或更低),其水生产力较低。

## 2.7 几类种植模式的评价

将春、夏、秋、冬玉米,早、中、晚稻和冬小麦,按所需时间和茬口衔接的可能性组成 7 种复种模式:早稻—晚稻,早稻—秋玉米,早稻—冬小麦,中稻—冬玉米,中稻—冬小麦,春玉米—晚稻,夏玉米—冬小麦。使用总干物重、籽粒重、灌浆期叶面积持续期、入射辐射照量、氮肥利用率、氮肥生产力、水生产力和光能利用率 8 项指标,以面积归一法进行优选。

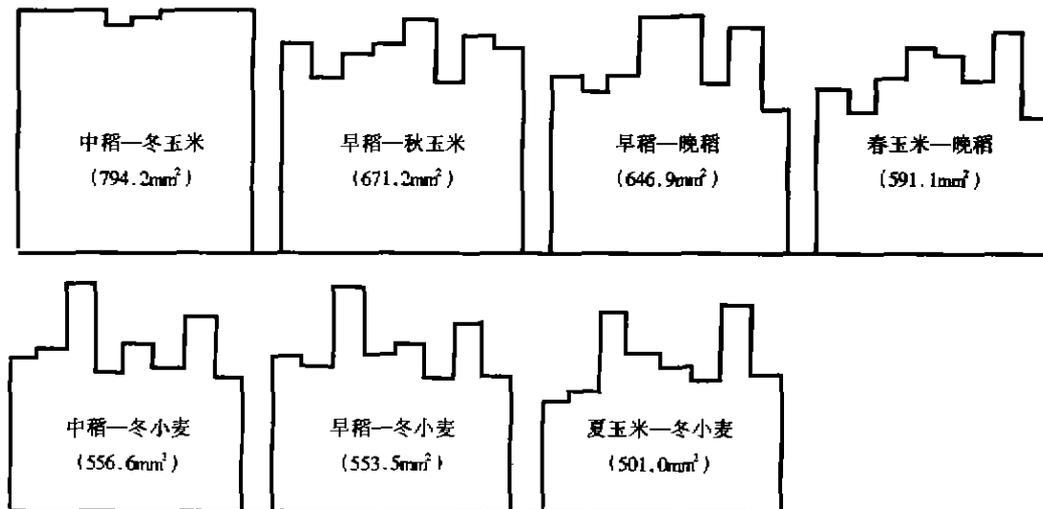


图 3 七种复种制度的综合比较

Fig. 3 Comprehensive comparison of 7 multiple systems

在图 3 中,以中稻—冬玉米复种模式的面积最大 ( $794.2 \text{ mm}^2$ ),依次为早稻—秋玉米 ( $671.2 \text{ mm}^2$ ) > 早稻—晚稻 ( $646.9 \text{ mm}^2$ ) > 春玉米—晚稻 ( $591.1 \text{ mm}^2$ ) > 中稻—冬小麦 ( $556.6 \text{ mm}^2$ ) > 早稻—冬小麦 ( $553.5 \text{ mm}^2$ ) > 夏玉米—冬小麦 ( $501.0 \text{ mm}^2$ )。因此,我们认为在南亚热带地区,一年两熟亩产吨粮的复种模式以中稻—冬玉米为首选模式,其次为早稻—秋玉米复种。早稻—晚稻复种虽有可能达到吨粮,但常年淹水不如水旱轮作,而且雨季前水稻用水太多。在早稻—秋玉米的模式中,有一段插绿肥的时间是其优点,但在早稻收割和秋玉米播种之间时间太紧,劳力紧张的地区显然十分困难,同时早稻收割时雨季未过,稻田积水难排,给秋玉米播种带来诸多不便,因此早稻—秋玉米复种远不如中稻—冬玉米复种模式。中稻—冬玉米模式中,是  $C_1$  和  $C_2$  作物的水旱轮作,它实现了充分利用蒙自坝区冬春光热资源的目的,特别是 3~5 月份(灌浆期),冬播玉米有 3~2 的叶面积指数,与该时段的高辐照有最好的匹配;中稻在 5 月中、

下旬移栽,和降雨有较好的配合,比早稻可节约大量灌水,在相对缺水的地区尤为重要。使用该模式在万亩规模上冬玉米连年达到  $7620 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,中稻  $9060 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,两熟相加超过吨粮,最高产量  $12155 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。据贵州 1991~1993 年开展的春玉米—晚稻两熟吨粮田栽培模式综合配套技术试验示范,在  $30 \text{ hm}^2$  中亩产超过吨粮的占 25.3%,最高产量为  $15316.55 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。江苏 1991~1994 年春玉米—晚稻模式产量为  $12007.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。证明冬玉米—中稻种植模式具有很强的可操作性和先进性,现已扩大到蒙自县、红河州和云南省南部部分地区。

## 2.8 冬播玉米—中稻的衔接和秸秆还田

为了确定中稻—冬玉米一年两熟亩产吨粮模式中推迟中稻移栽的效果。对试区内冬闲田的中稻和冬玉米茬中稻作了调查,中稻虽比冬玉米茬的早栽半个月,但产量基本一致,甚至冬玉米后的中稻产量还要高一些(表 7)。可以看出冬玉米和中稻在栽培时间上是不矛盾的。

表7 冬闲田和冬玉米田中稻产量比较 (kg/hm<sup>2</sup>)

Table 7 Mid-rice yield comparison between in winter vacant field and in winter corn field

农户 Farmer	文云 Weng-Yun	李红云 Li Hong-yun	姜启春 Jiang Qi-chun
冬玉米田 Winter corn field	10 515.0	11 430.0	10 950.0
冬闲田 Winter vacant field	9 450.0	11 460.0	10 755.0

表8 冬玉米秸秆还田后土壤养分的变化

Table 8 Change of soil nutrient after winter corn straw return to field

项目 Item	有机质 Organic matter(%)	全N Full N (%)	速效N Rapidly available N (mg/kg)	全P Full P (%)	速效P Rapidly available P (mg/kg)	全K Full K (%)	速效K Rapidly available K (mg/kg)
冬玉米收获时 At winter maize harvest	2.26	0.112	72.8	0.120	3.44	0.83	129.0
秸秆还田水稻收割后 At mid-rice harvest after straw return to field	2.40	0.142	96.0	0.163	2.30	1.25	168.0

力消耗较大,同时有机肥缺少,因此必须采用秸秆还田以增加土壤有机质。经测定,冬玉米秸秆还田经一季水稻后,0~10 cm 土层有机质可增加 0.14%(表8)除速效磷外,所有营养成分均有明显提高,而以全钾增加最多(>50%),其它几种在 30%左右。就秸秆还田而言,还可和草食动物的养殖结合起来,实行“秸秆过腹还田”(秸秆可加工成氮化饲料)。

可以认为,在解决好机械化耕作和秸秆还田的基础上,以中稻—冬玉米复种来实现一年两熟亩产吨粮更易推广实行。

参加工作的同志还有胡丽华、普琼芬、龙丽仙、张凤丽等。

#### 参考文献:

- [1] 程纯枢. 中国的气候与农业[M]. 北京:气象出版社, 1991. 53—76.

(上接第 165 页 Continue from page 165)

多种天敌的相互作用,可以把荔枝蚜象的数量控制在一定的水平。

#### 参考文献:

- [1] 蒲益龙. 害虫生物防治的原理和方法[M]. 北京:科学出版社,1978.  
[2] 蒲益龙,麦秀慧. 利用平腹小蜂防治荔枝蚜象试验初报[J].

虽然,冬玉米—中稻复种时间衔接可以衔接,但在收获冬玉米和中稻整田之间时间较短,造成劳力紧张,为此采用机械化就成了基本的解决方法。现在试区内耕地基本实现了机械化,但收割尚少有合用的机械,特别是冬玉米的收获(中稻尚有小型收割机),这正是“农业的根本出路在于机械化”考虑的问题。

由于中稻、玉米都是禾本科植物,两作复种对地

- [2] 庞良玉,曾祖俊,孙禄鉴,等. 成都平原稻田增种秋玉米配套栽培技术[J],四川农业科技,1992,4: 6.  
[3] 龙云茂. 玉—稻两熟吨粮栽培模式综合配套技术[J]. 耕作与栽培,1993,4: 20—22.  
[4] 佟屏亚. 亩产吨粮技术[M]. 北京:金盾出版社,1990. 1—53.  
[5] 赵强基,郑建初,袁从玮,等. 中国南方稻区玉米—稻种植模式的建立和实践[J]. 江苏农业学报,1997,13(4): 215—219.  
[6] 吴泽军. 湖南省稻田玉米复种制研究与推广综述[J]. 耕作与栽培,1989,4: 4—8.  
[7] 吴绍麟,韩锦峰,石敬之. 玉米栽培生理[M]. 上海:上海科学技术出版社,1980. 234—235.  
[8] Jy Tran-Hang, Do Huu Quoc. Intensive technology package for winter maize crop in dry and west soil in Vietnam, Proceeding of the third Asian regional maize workshop[C]. MEXICO CIMMYT, 1988.175—185.

植物保护学报,1962,(3): 301—306.

- [3] 韩诗畴,刘文惠,刘巧贤. 香港地区释放荔枝卵平腹小蜂防治荔枝蚜象[J]. 中国生物防治,1999,(2): 54—56.  
[4] 黄明度,麦秀慧. 荔枝卵寄生蜂——平腹小蜂的生物学及其应用研究[J]. 昆虫学报,1974,(4): 362—375.  
[5] 李伟群,邓国荣,杨皇红. 荔枝卵跳小蜂对荔枝蚜象寄生情况的初步研究[J]. 广西植保,1998,(3): 1—3.