

河南省高效农业耕作制生产力特征及资源利用研究

张雪芬¹⁾ 高伟力²⁾ 陈 东³⁾ 史定珊¹⁾ 王良宇¹⁾

(1) 河南省气象科学研究所, 郑州 450003; 2) 黄泛区农场气象局, 西华 466632;

3) 南京气象学院环境科学系, 南京 210044)

摘要: 从开展河南农业高效利用研究的必要性及更合理利用气候资源的角度出发, 提出间作套种的三熟制高效农业资源利用模式。对三熟制与二熟制的气候资源利用、组分产量和产量结构进行对比, 分析经济效益和生态效益。结果表明, 三熟制种植模式明显优于传统的二熟制种植方式, 是符合当前河南省农业向高效优质可持续发展的必然趋势。

关键词: 高效农业; 生产潜力; 三熟制; 耕作制模式; 资源利用

中图分类号: S162.57 **文献标识码:** A

河南省多年来一直恪守着“一年二熟”的传统种植方式, 即“小麦加一茬秋季粮经作物”(小麦/玉米、小麦/红薯、小麦/花生、小麦/芝麻等), 其气候资源利用率较低。随着市场经济的发展, 这种仅“满足吃饱肚子”的种植方式越来越不适应高产优质高效农业的需求。因此研究适合河南省农情并且能最大限度地利用气候资源和社会资源的种植方式十分重要, 不但能提高单位面积产量和产品的质量, 解决多收粮食问题, 而且还能提高农民的经济效益, 使经济效益、社会效益和生态效益达到高度统一。

1 河南省气候资源生产潜力分布及利用情况

1.1 气候生产潜力计算方法

光合生产潜力是指农作物在最适宜的条件(包括温、水、气、肥等均适宜), 单位时间内通过光合作用可能达到的最大生物学产量, 它是衡量一地区光能资源的指标; 光温生产潜力是指在水分土壤等均适宜的条件下, 单位时间内由光热条件决定的最大生物学产量; 光温水生产潜力又称气候生产潜力是指由一地的气候资源(光温水)决定的最大生物学产量, 它是衡量一地气候资源丰富程度的综合指标。其中光合生产潜力公式按文献[1~4]所用的公式计算

$$P = 2.4668Q \quad (1)$$

其中, P 为光合生产潜力, 单位 kg/hm^2 ; Q 为到达地面的太阳总辐射值, 单位 MJ/m^2 。

$$P_t = C_t \cdot P \quad (2)$$

收稿日期: 1998-10-16; 改回日期: 1998-12-19

基金项目: 河南省气象局重点课题“河南省高效农业耕作制气候资源利用研究”支持

第一作者简介: 张雪芬, 女, 1968 年 9 月生, 学士, 工程师

其中, P_t 为光温生产潜力, 单位为 kg/hm^2 ; $C_t = \sum_{i=1}^{12} \frac{T_i}{30}$ 为温度订正系数, i 为月份; T_i 为各月平均气温, 单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$P_w = C_w \cdot P_t \tag{3}$$

其中, P_w 为气候生产潜力, 单位为 kg/hm^2 ; $C_w = \frac{R}{E_0}$ 为水分订正系数, R 为月降水量, 单位为 mm ; E_0 为月蒸发力, 单位为 mm , $E_0 = 0.0018 (T + 25)^2 (100 - a)$, 其中, T 为月平均气温, 单位为 $^{\circ}\text{C}$; a 为月平均相对湿度; (以上各气象要素平均值取 1961 ~ 1990 年平均值)。在计算全年作物产量潜力时, 平均经济系数取 0.487, 作物平均含水量取 12 %。

1.2 气候生产潜力分布

河南省地处我国中东部的中纬度内陆地区, 气候为北亚热带气候向暖温带过渡的大陆性季风气候。具有四季分明、雨热同季等气候特点。气候资源丰富, 年平均气温 $12 \sim 15^{\circ}\text{C}$, 大于 0°C 的平均积温为 $4\,500 \sim 5\,600^{\circ}\text{C}$, 具有 80 % 保证率为 $4\,300 \sim 5\,400^{\circ}\text{C}$, 降水量 $550 \sim 1\,300\text{ mm}$ 之间, 日照时数 $1\,900 \sim 2\,500\text{ h}$, 无霜期在 $190 \sim 230\text{ d}$ 之间^[5]。

按以上公式分别计算了河南省代表站的年光合(P)、光温(P_t)、光温水产量潜力(气候产量潜力 P_w) 及主要作物的产量潜力。河南省北部年光合产量潜力 $86.8 \sim 91.1\text{ t}/\text{hm}^2$, 中、西南部为 $87.8 \sim 90.4\text{ t}/\text{hm}^2$, 豫东最高为 $95.4\text{ t}/\text{hm}^2$; 年光温产量潜力豫北、豫西南为 $48.0\text{ t}/\text{hm}^2$, 豫东、豫中、豫南在 $50.0 \sim 53.2\text{ t}/\text{hm}^2$ 之间; 年气候产量潜力豫北为 $26.3 \sim 30.0\text{ t}/\text{hm}^2$, 豫中、豫西为 $30.0 \sim 40.0\text{ t}/\text{hm}^2$, 豫南较高, 在 $45.0 \sim 53.0\text{ t}/\text{hm}^2$ 之间。其中气候产量潜力反映了一地的气候资源丰富程度, 其利用率可反映出当地农业种植模式的适应程度和科学种田水平的高低。

2 高效农业气候资源利用研究

根据以上计算结果发现, 我省单项作物气候生产潜力利用率较低, 除豫北个别地市小麦的利用率达到 50 % 以上外, 其余地区单项作物的利用率在 2 % ~ 33 % 之间。传统的“一年二熟”制种植模式已沿续了几十年, 不同组合二熟制种植模式的气候资源利用率也仅有 8 % ~ 36.1 %, 单位面积产量低, 气候资源浪费很大, 收获产品花样单调, 经济效益低。因此急需探讨一种更合理并能高效利用河南气候资源的耕作模式。

所谓“高效农业”指单位面积上收获产量高、品质好、花样多的农产品, 气候资源能得到较好地利用, 并取得好的经济效益、社会效益和生态效益^[6~10]。

2.1 高效农业耕作制种植模式

高效农业耕作制气候资源利用模式有多种^[11], 经过在河南西华县黄泛区农场气象局 2 年的田间试验, 及省农科院在荥阳、新郑的多点试验, 筛选出普遍适宜在我省推广、又适于机械化收割、保证主要粮食生产、间作套种的三熟制种植模式(下文简称三熟制)即“小麦/玉米/棉花、小麦/玉米/大豆、小麦/玉米/红薯”等粮经作物间套作。种植要点为在小麦播种时, 预留好大畦埂, 播小麦 3 m 左右为一带, 每带 12 行小麦。麦收前十天左右, 在宽畦埂上点种两行大穗玉米, 麦收后整地再间种大豆、花生、芝麻、红薯等经济作物。这几种不同组合的种植方式前茬作物都是小麦, 秋作物采取玉米与其他作物间作方式。这种高低受光方式, 充分利用了玉米边行优势的特点, 实现一年三熟, 粮食基本不少打, 又多收了一茬经济作物。

2.2 三熟制气候资源利用研究分析

2.2.1 组分产量分析

三熟制种植模式试验中,各组成作物单产(组分产量)^[12]见表1。各作物由于间作套种密度下降,单产均低于二熟制平作。其中小麦单产是二熟制平作的81.5%~99.9%,玉米是二熟制的61.8%~80.9%,花生是二熟制的66.4%,大豆是二熟制的96.8%。由于实播面积的下降,边际效应的增产效果难以弥补播种面积减少带来的产量损失,但从全年产量看,其产量优势明显。三熟制不同组合的种植模式分别比相应的二熟制增加产量0.207~4.377 t/hm²,即增加组分的增产幅度大于实播面积减少导致的减产幅度。

表1 三熟制试验点作物产量比较

Table 1 Comparison of crop yields between the two cropping systems on the experimental site

种类	t/hm ²					
	小麦/玉米	小麦/花生	小麦/大豆	小麦/玉米/花生	小麦/玉米/大豆	小麦/玉米/红薯
小麦	6.743	6.902	6.557	6.533	6.533	5.625
玉米	6.269	—	—	5.069	4.487	3.876
花生	—	2.417	—	1.605	—	—
大豆	—	—	2.711	—	2.625	—
红薯	—	—	—	—	—	5.680
总产量	13.012	9.319	9.268	13.207	13.645	15.181

2.2.2 产量构成因素比较

三熟制不同种植模式中,第一茬作物小麦由于种植前预留好了宽背垄,密度比二熟制平作的小,田间小气候比二熟制有利,小麦个体的产量结构优于二熟制。第二茬作物玉米充分利用了边行优势,受光、吸水有优势,其个体产量结构也好于二熟制平作玉米。但三熟制中经济作物大豆和花生由于在受光、吸水、争肥等方面差于玉米,其产量结构不如二熟制,见表2。

表2 三熟制与二熟制作物产量结构对比

Table 2 Comparison of yield components between the two cropping systems

作物	种植方式)	种植密度	株英(果)数	空秆率	百果(粒)重	株小穗数	穗粒数	千粒重
		(万株/hm ²)	(个)	(%)	(g)	(个)	(粒)	(g)
玉米	(小麦/玉米/花生)	38.77	1.3	2.5	35.8			
	(小麦/玉米/大豆)	38.20	1.2	2.5	37.4			
	(小麦/玉米)	55.10	1.0	7.5	34.1			
花生	(小麦/玉米/花生)	8.7	22.8	8.7	85.6			
	(小麦/花生)	14.0	20.7	8.4	87.8			
大豆	(小麦/玉米/大豆)	17.0	45.3	8.2	22.4			
	(小麦/大豆)	20.9	45.2	7.8	23.9			
小麦	(小麦/玉米/花生)	48.4				15.4	35.4	42.5
	(小麦/大豆)	51.0				15.2	35.1	42.0
	(小麦/玉米)	54.0				15.1	35.0	41.0

2. 2. 3 三熟制与二熟制气候资源利用对比分析

以多点试验资料分析三熟制与二熟制气候资源利用情况,见表3。表中,光合、光温、气候资源利用率分别用 f_1 、 f_2 、 f_3 ^[13]表示。

表3 试验点三熟制与二熟制气候资源利用率

Table 3 Climatic resource availability by the two cropping systems on the experimental site

种植方式	周口(泛区)			荥阳			新密		
	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3	f_1	f_2	f_3
小麦/玉米/花生	14.5	25.9	33.7	13.7	24.6	38.4	26.0	46.8	73.0
小麦/玉米	14.2	25.5	33.2	12.2	22.0	34.3	22.7	40.9	63.8
小麦/花生	10.2	18.3	23.8	10.6	19.1	29.8	16.7	30.0	46.8
小麦/玉米/大豆	14.9	26.8	34.9	14.4	26.0	40.5	-	-	-
小麦/大豆	10.1	18.2	23.7	10.1	18.1	28.3	-	-	-
小麦/玉米/红薯	-	-	-	17.3	31.1	48.6	-	-	-
小麦/红薯	-	-	-	14.4	25.9	40.4	-	-	-

在三熟制种植模式中,小麦/玉米/大豆的光能资源利用率比与其对照的二熟制小麦/玉米、小麦/大豆的分别高0.7%~2.2%、4.3%~4.8%,其光温资源利用率分别比对照的二熟制高1.3%~4.0%、7.9%~8.6%,气候资源利用率分别比对照的高1.7%~6.2%、11.2%~12.2%。小麦/玉米/花生的光能资源利用率分别比对照的二熟制小麦/玉米、小麦/花生高0.3%~3.3%、3.1%~9.3%,光温资源利用率分照比对照的高0.4%~5.9%、5.5%~16.8%,气候资源利用率分别比对照的高0.5%~9.2%、8.6%~26.2%;小麦/玉米/红薯的光能资源利用率比对照的两熟制小麦/玉米、小麦/红薯高5.1%、2.9%;光温资源利用高9.1%、5.2%;气候资源利用率高14.3%、8.2%。

以上分析可以看出,在气候资源利用上三熟制比二熟制优越。在三熟制的试验中,前茬作物为小麦,河南小麦的平均收获期在5月底至6月上旬,玉米在小麦收获前10 d左右播种,小麦即将成熟,叶面积系数较小,气候资源利用率很低,而玉米播种出苗后,叶面积逐渐增大,不但可以充分利用此期对于小麦“多余”的气候资源,而且可以争取更多的农时,可用播种提前来躲避玉米成熟期受低温的危害。

从气候生产潜力全年分布看,从北到南光能资源、光温资源最丰富的时期是5~6月份,在5月25日~6月5日,平均每天由光温形成的生物量潜力可达477~549 kg/hm²,由气候形成的生物量达139~497 kg/hm²(见表4)。三熟制种植模式正是充分利用这一时期的光热水资源,以玉米比二熟制提前10 d播种,平均气候资源利用率按14.7%计算,可产出245.7~876.8 kg/hm²的生物量,而二熟制种植方式却浪费了这时期的气候资源。

两种种植模式生物量动态积累情况见图1,从图中可以看出,6月5日之后,三熟制种植模式生物量积累明显高于二熟制。这也是三熟制比二熟制气候资源利用率高的原因之一。

表4 河南省5月25日~6月5日之间气候资源生产潜力

Table 4 Climate resource- dependent productivity in Henan from May 25 to June 5

气候资源	kg/hm ²							
	安阳	郑州	洛阳	商丘	周口	驻马店	南阳	信阳
<i>P</i>	7 964.4	8 098.4	8 291.8	8 712.0	8 311.5	8 290.2	7 888.8	8 503.9
<i>P_t</i>	6 493.5	6 505.6	6 508.9	6 590.0	6 205.9	5 978.2	5 722.5	5 964.5
<i>P_w</i>	1 671.1	2 188.3	2 185.6	2 980.0	3 309.2	4 755.2	3 715.0	5 964.5

2.2.4 经济效益分析

以多点试验资料,分析三熟制与二熟制的效益,其中按市场价小麦 1.6 元/kg、玉米 1.1 元/kg、花生 2.8 元/kg、大豆 2.8 元/kg、红薯 0.5 元/kg 计算。假定投入的化肥、农药量相同。三熟制的间作套种的劳工数稍高于二熟制,在此不过多考虑。每公顷用种量按 114 kg 计算,三熟制小麦/玉米/大豆种植模式每公顷用种量花费比二熟制小麦/大豆少 64.37 元,产出经济效益 2.020~2.274 万元,比对照多收入 0.281~0.466 万元;小麦/玉米/花生每公顷用种量花费比小麦/花生少 126 元,产出经济效益 2.052~3.519 万元,比对照多收 0.144~0.299 万元;小麦/玉米/红薯与小麦/红薯用种量经济投入相当,每公顷收经济效益 2.726 万元,比对照多收 0.426 万元。从试验结果可以看出三熟制用种量经济投入不比二熟制多,而产出经济效益又比二熟制平均每公顷多 0.25~0.80 万元,高的可达 1 万元以上,见表 5。表中 C1、C2、C3 分别表示小麦/玉米/花生、小麦/玉米/大豆、小麦/玉米/红薯种植模式、与之对照 Ck1、Ck2、Ck3、Ck4 分别表示小麦/玉米、小麦/花生、小麦/大豆、小麦/红薯种植模式。

表5 三熟制与二熟制种植模式经济效益对比

Table 5 Comparison of economic benefit between the two cropping systems

试验地点	三熟制			二熟制				三熟制与二熟制之差			
	C1	C2	C3	Ck1	Ck2	Ck3	Ck4	ΔCk1	ΔCk2	ΔCk3	ΔCk4
周口	2.052	2.274	-	1.768	1.781	1.808	-	0.284	0.271	0.466	-
荥阳	2.180	2.020	2.726	1.484	1.880	1.739	2.300	0.696	0.299	0.281	0.426
新密	3.519	-	-	2.493	3.375	-	-	1.026	0.144	-	-

2.2.5 生态和社会效益分析

传统的二熟制种植模式,前茬作物主要是小麦,第二茬仅播一种作物,产品单一,常年在同一地块上种植某种作物,易造成土壤板结,导致土壤的营养平衡失调。而三熟制种植方式,前茬作物以小麦为主,第二茬作物种玉米,第三茬可种花生、豆类、红薯、棉花等多种作物。由于各作物吸收土壤中元素的差异性,不易造成土壤各种养分失调,特别是豆类作物,具有很强的固氮

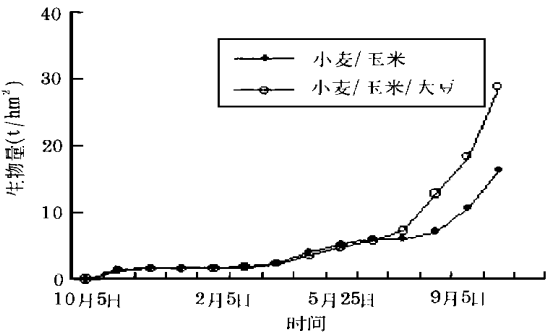


图1 三熟制与二熟制生物量动态累积曲线

Fig. 1 Dynamic biomass accumulations of double-harvest crops and triple-harvest crops separately

作用,能明显改善土壤氮含量较低的状况,提高土壤养分,对与其同生长的玉米发育有利,生态效益明显。

另外,从长远来看,三熟制种植方式比较适应经济体制从传统的计划经济体制向社会主义市场经济体制转变,经济增长方式从粗放型向集约型转变。三熟制种植方式增加了农产品的品种种类和数量,单位面积上粮食不少收,又增加品种多样的经济作物,不但解决了粮经争地的矛盾,而且丰富了市场,改善了人民的膳食结构,增加了农民的经济收入,社会效益显著。

3 结束语

(1) 河南省气候资源丰富,三熟制种植方式在气候资源上比二熟制更能得到保证,更能合理、高效地利用气候资源。其经济效益、社会效益和生态效益均优于二熟制。推广潜力十分巨大。

(2) 在提出的三熟制种植模式中,第一、二茬为主要的粮食作物小麦、玉米,个体产量结构好于传统的二熟制种植模式,充分保证粮食生产的问题;第三茬以经济作物为主,虽增加了组分,造成产量结构差于对照的二熟制,但总产量增加,经济收入也提高不少。

(3) 由于试验时间短,虽然提出了三熟种植模式,但究竟在麦播时留多宽、玉米播种密度为多少时,才能进一步提高玉米和与之间作的作物产量,在今后推广该模式时还要深入研究。另外提高科学种田水平,逐步提高单项作物的产量,才能使三熟制增产潜力更好地发挥出来。

(4) 本文提出的三熟制种植方式是针对河南省广大平原区,丘陵山区还可发展粮树等多种立体种植模式;对于靠近城边的郊区,可发展粮蔬菜三熟或四熟等种植方式。

参 考 文 献

- [1] 欧阳海,郑步忠,王雪娥,等. 农业气象学[M]. 北京: 气象出版社, 1990
- [2] 冷疏影. 地理信息系统支持下的中国农业生产潜力研究[A]. 自然资源学报, 1992, 7(1): 72- 78
- [3] 李克煌. 河南省作物生产潜力的估算和分析[A]. 农业气象, 1981, 2(3): 6- 11
- [4] 王恩利, 韩湘玲. 黄淮海地区冬小麦、夏玉米生产力评价及其应用[A]. 中国农业气象, 1990, 11(2): 41- 46
- [5] 中国气象学会农业气象专业委员会, 中央气象局 气象科学研究院天气气候研究所编. 农业气候资源分析和利用[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1982
- [6] 石玉林, 封志明. 开展农业资源高效利用研究[A]. 自然资源学报, 1997, 12(4): 293- 297
- [7] 赵德芳. 高产优质高效农业的意义内容和启示[A]. 河南农业科学, 1994, (2): 13- 15
- [8] 王同朝, 孙敦立, 杜连仲, 等. 河南省高产优质高效农业的主要技术途径和适宜的经济模式[A]. 河南农业科学, 1994, (2): 20- 22
- [9] 吴道钧. 论高产优质高效农业和市场经济[A]. 河南农业科学, 1994, (2): 16- 17
- [10] 卑圣模. 建立和完善农村社会主义市场经济新体制推动高产优质高效农业发展[A]. 河南农业科学, 1994, (2): 18- 20
- [11] 卢良恕. 中国立体农业模式[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1993
- [12] 逢焕成, 陈 卓. 黄淮海不同多熟制模式生产力特征与资源利用效率研究[A]. 自然资源学报, 1998, 13(3): 198- 204
- [13] 方光迪. 三江地区光、热资源及作物生产潜力[A]. 气象学报, 1985, 43(3): 321- 330

A STUDY ON PRODUCTIVITY AND RESOURCE UTILIZATION OF HIGH-EFFICIENCY CROPPING SYSTEM IN HE' NAN

ZHANG Xue-fen¹⁾ GAO Wei-li²⁾ CHEN Dong³⁾

SHI Ding-shan¹⁾ WANG Liang-yu¹⁾

(1) He' nan Institute of Meteorological Science, Zhengzhou 450003;

2) Fanqu Meteorological Bureau, Xihua 466632;

3) Dept. of Environmental Science, Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044)

Abstract: In view of promoting research on high-efficiency agriculture development and rational utilization of resources, a triple-harvest intercropping model is developed for Henan Province. Comparisons are performed of climate resource availability, single-crop yield, the total yield, yield component, economic and ecological benefit between double-harvest and the triple-harvest cropping systems. Results show that the latter is markedly superior to the former which is a conventional model and accords well with sustainable agricultural development of high efficiency and good quality for this region.

Keywords: high-efficiency agriculture; productivity; triple-harvest cropping system; cropping model; resource utilization