

冬小麦/春玉米/夏玉米间套作复合群体的高产机理探讨

陈阜 逢焕成

(中国农业大学作物学院)

摘要 在冬小麦-夏玉米两熟模式基础上开发的冬小麦/春玉米/夏玉米多熟间套模式, 具有较高的生产潜力和资源利用效率, 其单产水平和光热资源利用率提高 20% 多, 是农田在吨粮基础上实现高产再高产的一种新尝试。该模式实现高产的关键是充分利用间套作复合群体高强度的纳密功能, 并形成一个小光效的群体结构, 使复合群体的受光改善和截光能力增强。从栽培技术角度, 确定适宜的品种组合和田间配置, 解决好春玉米的早播早熟是该模式成功应用的关键。

关键词 小麦; 玉米; 间套作; 复合群体; 高产

分类号 S334.3

Research on Mechanism for Maximum Yield of Intercropping Pattern Wheat /Corn /Corn

Chen Fu Pang Huancheng

(College of Crop Sciences, CAU)

Abstract Based on the wheat-corn double cropping system, the intercropping pattern of wheat/corn/corn was developed in Huang-Huai Plain. The new pattern had higher productivity and resources use efficiency. The yield and the utilization rate of solar energy and heat increased by more than 20%. It showed that this new multiple cropping pattern is an effective way to further increase yield in this region. The key points for wheat/corn/corn pattern to get high yield are to construct multiple canopy structure to add total ears, and improve both of the light-penetrating state and light-intercepting capacity. The important cultivation measures for the wheat/corn/corn were to select suitable variety, moderate density and stripe type, especially to improve technologies of early planting and harvesting.

Key words wheat; corn; intercropping; multiple canopy structure; maximum yield

间套作利用作物种类、品种及不同生长发育阶段形成的生态特性的差异, 在田间构成 2 种以上作物的复合群体, 形成在时间上和空间上的互补效应, 实现增加光合时间、增大光合面积与改善光照分布和增加光截获量, 是开发农田高产潜力的有效途径^[1, 2]。黄淮平原光、热、水等气候资源优越, 两熟热量宽裕或有余, 而三熟不足。近年来, 该区域在“小麦-玉米”模式上发展起来的“冬小麦/春玉米/夏玉米”模式, 其资源利用效率与土地生产率较高, 显示出较好的发展前景和高产潜力^[3]。本研究重点对该模式的高产潜力及其机理进行试验探索。

收稿日期: 1999-12-30

国家九五攻关专题资助项目 (96-004-01-14)

陈阜, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

1 材料与方 法

本研究于 1995~ 1997 年在河南扶沟县高河套试验站进行。该地属黄泛平原区, 10 积温 4 700 , 无霜期 215 d, 多年平均降水量 697 mm; 试验地土壤为沙性壤土, 肥力中等。试验以“冬小麦-夏玉米”两茬平播模式为对照(简称麦-玉模式), 处理为“冬小麦/春玉米/夏玉米”三茬套种模式(简称麦/玉/玉模式)。

麦-玉模式(CK): 小麦 10 月中旬播种, 品种为豫麦 21, 行距 20 cm, 满幅播种; 6 月上旬麦收后, 接茬播种夏玉米, 品种为掖单 12, 行距 60 cm, 密度 6 75 万株 \cdot hm $^{-2}$ 。麦/玉/玉模式(处理): 采用 3 m 带型, 10 月中旬播种 6 行小麦, 品种为豫麦 21, 行距 20 cm, 留 2 m 空带于第二年 3 月下旬地膜覆盖播种 2 行春玉米, 行距 50 cm, 品种为鲁原单 14, 密度为 6 万株 \cdot hm $^{-2}$; 6 月上旬麦收后, 再接茬播种 3 行夏玉米, 品种为掖单 12, 行距 40 cm, 密度 6 75 万株 \cdot hm $^{-2}$ 。

采用大区试验, 每种模式试验面积 667 m 2 。对各季作物的生长发育动态进行系统调查, 并每隔 10 d 测定作物的干物重、叶面积。叶面积测定用 L F-300 叶面积仪, 群体光照及其分布用 L F-185 量子照度计在各季作物的主要生育期分 20 cm 或 40 cm 逐层测定; 照光叶面积用自制照光叶面积棒于午时测定各层照光面积率。

2 结果与分析

2.1 复合群体的农田生产力与资源利用率

2.1.1 产量 与对照的麦-玉两熟模式相比(表 1), 麦/玉/玉模式单产提高 24%~ 29%, 达到 18 t \cdot hm $^{-2}$ 以上。这表明在当地资源条件及生产水平下, 集约多熟是实现超高产的主要途径之一。进一步分析麦-玉与麦/玉/玉模式中各组分产量的比较结果, 麦/玉/玉模式中的小麦和夏玉米单产分别比麦-玉模式降低 15%~ 18% 和 13%~ 34%, 主要原因是小麦、夏玉米播种面积减少造成产量损失。但由于增加了春玉米这一组分的产量(增加 6~ 6.7 t \cdot hm $^{-2}$), 因此麦/玉/玉模式的总体产量仍比麦-玉模式增加 3.6~ 4.2 t \cdot hm $^{-2}$, 增幅达到 20% 以上。

表 1 2 种种植方式产量结果比较

/t \cdot hm $^{-2}$

年份	种植模式	冬小麦	春玉米	夏玉米	全年合计	比CK \pm %
1996	麦-玉(CK)	6 405		8 370	14 775	
	麦/玉/玉	5 430	6 735	6 225	18 390	+ 24.47
1997	麦-玉(CK)	7 110		7 560	14 670	
	麦/玉/玉	6 210	5 970	6 690	18 870	+ 28.63

2.1.2 光热资源利用效率 农作物高产的核心是提高光热等自然资源的利用效率, 间套作种植模式在充分利用光热资源上有其独到功能。其作用显著表现在: 农田总生长期延长, 麦/玉/玉模式为 325 d, 比麦-玉模式的 310 d 延长 15 d, 全年时间利用集约度提高 4.8%; 从热量资源利用率来看, 麦/玉/玉模式的每百度积温的产量达到 358.5 kg \cdot hm $^{-2}$ (经济产量), 比麦-玉模式提高 23.58%; 而且, 以热量资源利用效率为指标评价^[4], 麦/玉/玉的有效积温利用率

可达到 0.84 左右, 比麦-玉提高 12.0%; 从光能利用率看, 麦/玉/玉模式的光能利用率达到 0.63% (经济产量), 比麦-玉模式提高 28.5% (表 2)。

表 2 2 种模式的光热资源利用效率比较

项 目	麦/玉/玉	麦-玉(CK)	比CK ± %
农田作物生长时间 t/d	325	310	4.84
热量转化效率/ $kg \cdot 100^{-1} \cdot hm^{-2}$	358.5	290.1	23.58
光能利用率/%	0.63	0.49	28.57
热量资源利用度	0.80	0.75	12.0

2.2 复合群体的光合性能

一个高光效的作物群体是农田实现高产的关键, 尤其对多熟复合群体, 协调各组分作物的竞争互补关系, 从时间和空间上提高对光能的合理利用, 是增产的关键。麦/玉/玉模式与麦-玉模式相比, 其群体平均叶面积指数提高, 而且全年辐射量最大值与叶面积指数(LAI)和光截获最大值基本相吻合, 是一种比较理想的光截获模式; 麦/玉/玉在叶面积空间分布上达到水平方向的非均质性与垂直方向的高低相间, 共生的叶层结构得到互补, 协调了透光与截光的矛盾。

2.2.1 光合面积和光合时间

麦-玉模式的叶面积指数为“双峰曲线”, 而麦/玉/玉模式的 LAI 为“三峰曲线”; 从全年平均 LAI 看, 麦/玉/玉模式达到 2.2~2.3, 比麦-玉模式的 1.7~1.8 提高 24%~30%, 相当于扩大绿叶光合面积约 $5.250 m^2 \cdot d^{-1} \cdot hm^{-2}$ 。从全年 LAI 变化动态看(图 1, 2), 麦-玉由于在农田是单一群体, 全年近 45 d 田间无绿色覆盖, 且最大 LAI (4.65) 与最小 LAI 相差悬殊, 但麦/玉/玉模式的复合群体, 共生作物有互补性, 全年维持良好的 LAI 动态。用叶日积(叶面积系数与其维持天数之积, LAI·D)作指标^[5], 麦/玉/玉模式的 LAI·D 比麦-玉模式高 13%~16%, 这是由于麦/玉/玉模式全年有效光合时间比麦-玉模式多 15 d, 且平均 LAI 也高 25% 左右。

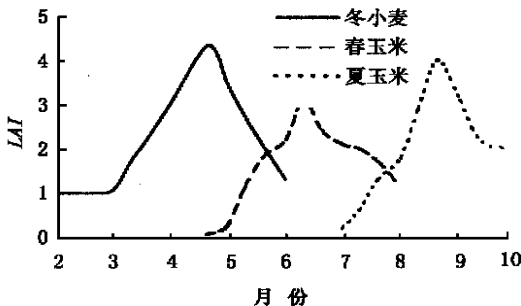


图 1 麦/玉/玉模式的 LAI 动态

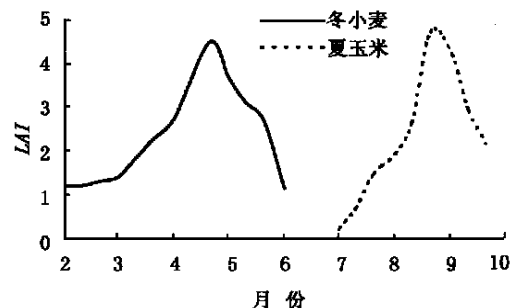


图 2 麦-玉模式的 LAI 动态

2.2.2 群体照光叶面积与受光质量

另外, 麦/玉/玉模式由于有共生作物高度差, 群体结构呈“型”或“型”, 一方面可以容纳较高的叶面积, 同时还能实现叶面积(LAI)与照光叶面积(LAIs)的协调发展。据全年系统测定(表 3), 麦/玉/玉模式 LAIs 在农田各个时期都显著高于麦

-玉模式, 平均 LA_{Is} 高出 30% ~ 38%。而且 LA_{Is}/LA_I 比值在所有测定时期都高于麦-玉模式。

表 3 2 种模式各时期的照光叶面积 LA_{Is} 比较

种植模式	项 目	小麦	小麦	春玉米	夏玉米	夏玉米	夏玉米	4~ 9月 平 均
		拔节期	灌浆期	灌浆期	开花期	灌浆期	成熟期	
麦-玉(CK)	LA_{Is}	1 201	1 418	1 050	1 348	1 610	1 080	1 285
	LA_{Is}/LA_I	0 292	0 315	0 500	0 420	0 420	0 480	0 403
麦/玉/玉	LA_{Is}	0 934	1 690	1 985	2 340	1 850	1 200	1 667
	LA_{Is}/LA_I	0 322	0 370	0 526	0 510	1 420	0 545	0 449

由于麦/玉/玉模式构成的复合群体各作物生育时段差异大, 田间空间分布高低不一, 群体利用空间厚度明显大于单作群体, 如小麦灌浆期, 麦-玉模式只利用 90 cm 空间, 而麦/玉/玉能利用 2 m 空间。麦/玉/玉模式全生育期的平均群体比表面积为 1.25 (以麦-玉的群体比表面积为 1), 即比麦-玉模式提高 25%, 这是由于套种群体凸凹结构的粗糙曲面增加了比表面积, 与外界物质、能量交换更为广泛。此外, 麦/玉/玉模式在群体受光质量上得到改善, 最大特点是由于叶面积垂向分布相对下移, 在所测定的各个时期, 复合群体单位面积冠层叶面积密度均大于单作群体。由于 2 种共生作物叶层结构得以互补, 这样使群体垂直光分布均匀性提高, 透光率增加, 不仅群体上层空间受光充分, 而且中、下层空间也能得到有效光照。

2.2.3 复合群体光截获能力 由于麦/玉/玉群体受光改善, 使光截获量明显增加, 光截获率提高。比较不同时期截光率看出, 除春季及秋季大致接近外, 作物主要生长盛期, 麦/玉/玉的光截获率都明显高于麦-玉, 4~ 9 月份平均值高 16.5% (表 4)。而且全年的光截获总量麦/玉/玉比麦-玉多 $321.52 MJ \cdot m^{-2}$, 提高了 17.4%, 平均每天多截获光能 $2.15 MJ \cdot m^{-2}$, 这也充分显示了麦/玉/玉复合群体光能利用上的优势。

表 4 2 种模式各生育时段的光截获率

/%

种植模式	生 长 时 段				平 均
	04-08~ 05-20	05-21~ 06-10	06-11~ 07-15	07-16~ 09-15	
麦-玉(CK)	70.7	32.1	28.5	63.2	53.5
麦/玉/玉	68.7	50.2	58.3	60.8	60.9

3 结论与讨论

麦/玉/玉是一种资源利用效率和生产力更高的集约多熟种植模式, 该模式实现高产的关键在于协调共生作物的竞争互补关系, 创造一个高光效的农田复合群体。该模式的开发应用将对我国黄淮平原大面积出现小麦-玉米“吨粮田”后, 农田单产进一步向更高水平迈进起到积极推动作用。

从栽培技术角度, 首先是品种组合, 既要保证各季作物的安全成熟, 又要发挥其高产潜

力,还要尽可能减少共生期,这是麦/玉/玉模式成败的关键;根据几年的试验和示范,3者作物的品种搭配以“早中熟—中晚熟—中早熟”效果最佳。其次,在田间配置上带宽以2.5~3.0m为宜,小麦9~12行,春玉米和夏玉米密度分别为52500株·hm⁻²和63000株·hm⁻²左右。

在麦/玉/玉模式中,春玉米是否适时播种或适时移栽,以及能否苗齐苗壮是其模式成败的关键环节。春玉米新的播种方式有地膜覆盖直播、育苗移栽技术,而玉米移栽技术的突破和普及会给麦/玉/玉模式的发展提供更大可能。

麦/玉/玉模式适宜在10℃积温4500~5500、二熟宽裕、光温资源好和地力水平高的地区应用,集中在黄淮平原、长江中下游平原和江汉平原的旱粮种植区。随品种、水肥、农机及科学种田水平的提高,该模式的高产高效潜力将得到进一步挖掘。

参 考 文 献

- 1 刘巽浩,牟正国 中国耕作制度 北京:农业出版社,1993
- 2 Francis C A,等主编 间套多熟制 王在德,等译 北京:北京农业大学出版社,1986
- 3 逢焕成,陈阜 黄淮平原不同多熟模式生产力特征与资源利用效率研究 自然资源学报,1998,13(3):198~203
- 4 董宏儒,邓振镛 带田农业气候资源的利用 北京:气象出版社,1988
- 5 刘巽浩 论作物叶日积及其应用 见:中国耕作制度研究会,耕作制度研究论文集 北京:农业出版社,1981