

# 黄淮海农区集约种植制度的超高产特性研究

赵秉强<sup>1</sup>,张福锁<sup>2</sup>,李增嘉<sup>3</sup>,李凤超<sup>3</sup>,劳秀荣<sup>3</sup>,  
史春余<sup>3</sup>,董庆裕<sup>3</sup>,张 骏<sup>1</sup>,刘嘉军<sup>4</sup>,杨恩学<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 中国农业科学院土壤肥料研究所,北京 100081;<sup>2</sup> 中国农业大学,北京 100094;

<sup>3</sup> 山东农业大学,泰安 271018;<sup>4</sup> 山东省泰安市大汶口镇,泰安 271000)

**摘要:**探讨了黄淮海农区冬小麦||早春玉米/夏玉米、早春玉米/夏玉米及冬小麦-夏玉米3种集约种植制度的超高产特性。结果表明,冬小麦||早春玉米/夏玉米产量达20.52~21.79t/ha,间套行又可间套蔬菜生产,增产增效,但该模式时空集约性强,机械化操作难度相对较大;早春玉米/夏玉米产量可达18.24~18.39t/ha,同时该方式又可纳入春、秋两季蔬菜间套种植,具有粮菜结合,高产高效的特征;采用20+40模式种植冬小麦-玉米两熟,产量可达18.47~20.89t/ha。3种植制度单位面积产量比黄淮海农区目前高产吨粮田(1t/666.7m<sup>2</sup>,15t/ha)增产21.63%~45.28%,初步实现了粮食进一步高产的新突破。

**关键词:**集约种植制度;超高产;小麦;玉米;间套作

**中图分类号:**S512;S513 **文献标识码:**A **文章编号:**0578-1752(2001)06-0649-07

## Studies on the Super-high Yield Characteristics of Three Intensive Multiple Cropping Systems in Huanghuaihai Area

ZHAO Bing-qiang<sup>1</sup>, ZHANG Fu-suo<sup>2</sup>, LI Zeng jia<sup>3</sup>, LI Feng-chao<sup>3</sup>, LAO Xiu-rong<sup>3</sup>,  
SHI Chun-yu<sup>3</sup>, DONG Qing-yu<sup>3</sup>, ZHANG Jun<sup>1</sup>, LIU Jia-jun<sup>4</sup>, YANG En-xue<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institute of Soils and Fertilizers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

<sup>2</sup> China Agricultural University, Beijing 100094; <sup>3</sup> Shandong Agricultural University,

Taian 271018; <sup>4</sup> Dawenkou Town, Taian, Shandong Province 271000)

**Abstract:** In Huanghuaihai area, three super high yield cropping patterns have been studied: (1) Winter wheat || early spring maize/summer maize; (2) Early spring maize/ summer maize; (3) Winter wheat (wheat rows with a 20cm narrower space and a 40cm broader space)-summer maize. The three patterns, respectively, produced 20515.50~21790.35kg, 18244.05~18385.50kg and 18467.25~20887.35kg grain per ha. What's more, vegetables could be inter-planted or relay-planted into the former two patterns to increase income. However, comparing with the third pattern, they are less convenient for machinery planting.

**Key words:** Intensive multiple cropping system; Super-high yield; Wheat; Maize; Inter and relay cropping

若未来中国粮食生产维持现有人均400kg水平,食物营养水平进一步改善和提高的粮食缺口完

全依靠进口,则到2030年16亿人口时,国内需产粮6.4亿t。届时,生产6.4亿t粮食,则要求我国的粮

收稿日期:2000-03-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39870524)

作者简介:赵秉强(1963-),男,山东临邑人,研究员,博士,从事植物营养与肥料、耕作制度及农业(城市)废弃物资源化研究。Tel: 010-68918669; Fax: 010-68975161; E-mail: bqzhao@sohu.com

食单产全面突破,即现有高产吨粮田( $1\text{t}/667\text{m}^2$ )达到亩( $667\text{m}^2$ )产吨半粮的超高产田,中产田达到高产吨粮田,低产田成为中产田。中国的吨粮田技术已趋于成熟<sup>[1,2]</sup>,为中产田增产奠定了理论与技术基础。然而,高产吨粮田如何再增产,如何实现超高产,则是尚待解决的重大研究课题。近年来,笔者在山东各地的高产田上进行了利用集约种植方式创建粮食超高产的探索<sup>[3,4]</sup>。在总结已有研究成果的基础上,于1998年9月到1999年12月,在山东农业大学实验农场、泰安市大汶口镇颜南村进行了3种集约化种植方式创建粮食超高产的试验。

## 1 材料与方法

试验于1998年9月至1999年12月在山东农业大学实验农场[0~20cm土层中的有机质(%)、速效N(mg/kg)、速效 $\text{P}_2\text{O}_5$ (mg/kg)和速效 $\text{K}_2\text{O}$ (mg/kg)的含量分别为1.57、98.40、25.70和91.20]和泰安市大汶口镇颜南村[0~30cm土层中的有机质(%)、速效N(mg/kg)、速效 $\text{P}_2\text{O}_5$ (mg/kg)和速效 $\text{K}_2\text{O}$ (mg/kg)的含量分别为1.05、105.85、52.34和58.80]排灌良好、土壤肥沃的高产田上进行。

在山东农业大学实验农场,采用冬小麦||早春玉米/夏玉米方式。种植带宽300cm,大小畦播种,大畦宽180cm,正常秋播10行冬小麦,行距20cm,品种为济南17号;小畦宽120cm,翌年春天3月15日播种2行地膜覆盖早春播种玉米(简称早春玉米,下同),与小麦形成间作,玉米行距40cm,株距15cm左右,43500~45000株/ha,玉米与小麦间距40cm,品种为掖单13号;小麦成熟收获后在其位置上于6月9日播种4行夏玉米,与春玉米形成套作,夏玉米行距50cm,株距16~18cm,78000~82500株/ha,夏玉米与早春玉米间距55cm,夏玉米品种同早春玉米。试验根据冬小麦6750kg/ha、早春玉米7500kg/ha、夏玉米9000kg/ha的产量目标,按每生产100kg籽粒吸收3kgN、1kg $\text{P}_2\text{O}_5$ 、3kg $\text{K}_2\text{O}$ 投入化学肥料。P、K肥基施,N肥50%基施,50%追施。水分管理按丰产要求进行。重复3次,随机区组排列。

在大汶口镇颜南村,设置了3种植方式:(1)冬小麦||早春玉米/夏玉米方式。种植带宽为280cm,大小畦播种,大畦宽160cm,正常秋播9行小麦,行距20cm,品种为鲁麦22号和济南17号;小畦宽120cm,翌年3月12日播种两行地膜覆盖早春玉米,与小麦形成间作,玉米行距40cm,株距约15cm,约45000株/ha,玉米与小麦间距40cm,品种

为掖单13号;麦收后于6月10日在其位置上播种3行夏玉米,与早春玉米形成套作,夏玉米行距55cm,株距约20cm,54000株/ha,品种为鲁单50,夏玉米与早春玉米间距65cm。(2)早春玉米/夏玉米方式。早春3月12日地膜覆盖种植宽窄行早春玉米,窄行距40cm,宽行距110cm,平均行距75cm,株距17~19cm,75000株/ha左右,品种为掖单13号。于6月28日在早春玉米宽行内套种2行夏玉米,夏玉米行距40cm,株距20cm左右,67500株/ha,夏玉米与早春玉米间距35cm,品种为鲁单50。(3)冬小麦-夏玉米方式。冬小麦播种采用20+40模式<sup>[4]</sup>,即实行窄行20cm、宽行40cm的宽窄行方式播种,品种为鲁麦22号和济南17号。小麦收获后于6月10日播种夏玉米,夏玉米行距60cm,株距22~24cm,75000株/ha左右,品种为掖单13号。以上3种植方式又分别设置3个施肥水平处理:(1)中肥处理,即在施37500kg/ha有机肥的基础上,根据产量指标(冬小麦||早春玉米/夏玉米方式中,产量指标是小麦6750kg/ha,早春玉米7500kg/ha,夏玉米9000kg/ha;早春玉米/夏玉米方式中,早春玉米和夏玉米的产量指标分别为13500kg/ha和9000kg/ha;冬小麦-夏玉米方式中,小麦和玉米产量指标分别为9000kg/ha和13500kg/ha),按每生产100kg籽粒吸收3kgN、1kg $\text{P}_2\text{O}_5$ 和3kg $\text{K}_2\text{O}$ 投入化学肥料。P、K肥基施,N肥基施和追施各占50%。(2)高肥处理。有机肥同中肥处理,化肥比中肥处理增加50%,施肥方法同中肥处理。(3)无肥处理。不施用有机肥和化肥,为空白处理。以上各处理均按丰产要求进行水分管理。试验重复2次,随机区组排列。

进行生育期调查、产量实测和考种分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 小麦||早春玉米/夏玉米的高产特性

由表1、2可以看出,正常情况下,复合群体小麦和早春玉米产量可分别达到6000kg/ha以上、夏玉米可达9000kg/ha,总产可达21000kg/ha以上。因此,复合群体中“小麦+早春玉米+夏玉米”的产量结构特征基本可概括为“6000kg+6000kg+9000kg=21000kg/ha”的超高产结构,三者占总产中所占份额分别约为30%、30%与40%左右。小麦||早春玉米/夏玉米复合群体实现了21000kg/ha以上的超高产,单位面积产量比黄淮海农区目前高产吨粮田( $1\text{t}/666.7\text{m}^2$ ,15t/ha)增产40%以上。从不同施肥水平看,不施肥,产量显著较低,尤其是集约化种

植水平下,施肥不足,难以获得持续高产。高肥处理总产量仅比中肥增加1.35%~3.19%,统计分析并

无显著性差异,说明即使在集约化种植条件下,过高投入肥料亦无显著增产效果。

表 1 小麦 || 早春玉米/夏玉米产量测定结果(大汶口镇颜南村)<sup>1)</sup>

Table 1 Grain yield of winter wheat || early spring maize/summer maize cropping pattern (Dawenkou Town)

小麦品种 Wheat varieties	肥料处理 Fertilizer treatments	小麦 Winter wheat					早春玉米 Early spring maize				
		穗数 Ear number ( $\times 10^4$ / ha)	穗粒数 Grains /ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)	穗数 Ear number /ha	穗粒数 Grains /ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)
鲁麦 22 号 L22	高肥 High	299.85	52.60	39.27	6193.65	6105.00Aa	53574.00	479.03	307.31	7886.70	7444.05Aa
	中肥 Middle	306.45	49.53	39.63	6015.30	5740.65Ab	50002.50	453.56	283.29	6424.80	6127.50Bb
	无肥 None	238.65	48.87	40.88	4767.75	5236.05Bc	53574.00	366.48	249.20	4892.70	4496.55Cc
济南 17 号 J17	高肥 High	495.45	42.02	34.93	7272.00	6138.90Aa	42859.35	455.54	308.13	6016.05	6017.25Aa
	中肥 Middle	505.95	39.29	34.91	6939.60	6415.65Aa	46430.85	465.25	318.36	6877.20	6369.90Aa
	无肥 None	342.45	39.10	37.59	5033.25	5158.20Bb	42859.35	404.51	249.85	4331.70	4410.15Bb
小麦品种 Wheat varieties	肥料处理 Fertilizer treatments	夏玉米 Summer maize					全年总产量 Annual yield				
		穗数 Ear number /ha	穗粒数 Grains /ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)			
鲁麦 22 号 L22	高肥 High	51786.15	533.86	305.79	8454.00	7621.95Ab	22534.35	21171.00Aa			
	中肥 Middle	50004.30	581.66	303.90	8839.05	8648.60Aa	21279.15	20516.55Aa			
	无肥 None	44646.75	451.12	276.97	5578.50	5569.80Bc	15238.95	15302.40Bb			
济南 17 号 J17	高肥 High	51790.05	598.68	322.05	9985.35	9634.20Aa	23273.40	21790.35Aa			
	中肥 Middle	51790.05	572.09	308.66	9145.20	8713.50Ab	22962.00	21499.05Aa			
	无肥 None	51790.05	439.51	272.56	6204.15	6754.65Bc	15569.10	16323.00Bb			

<sup>1)</sup> 表中大小写字母分别代表 1% 与 5% 差异显著水平,文中“||”、“/”与“-”分别代表间作、套作和接茬播种。下同

The capital and small letters represent significant differences at levels of 1% and 5%, respectively. Symbols of “||”, “/” and “-” represent inter, relay and sequential cropping, respectively. The same as below

表 2 小麦 || 早春玉米/夏玉米产量测定结果(山东农业大学实验农场)

Table 2 The grain yield of winter wheat || early spring maize/summer maize cropping pattern (Shandong Agricultural University Experimental Station)

小麦 Winter wheat					早春玉米 Early spring maize				
穗数 Ear number ( $\times 10^4$ / ha)	穗粒数 Grains per ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)	穗数 Ear number /ha	穗粒数 Grains /ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)
698.40	35.97	26.39 <sup>1)</sup>	6544.05	5517.45 <sup>1)</sup>	42895.50	505.31	297.82	6455.40	6373.35
夏玉米 Summer maize					全年总产量 Annual yield				
穗数 Ear number /ha	穗粒数 Grains per ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)			
75043.95	432.89	282.84	9188.25	8974.80	22187.70	20865.60			

<sup>1)</sup> 小麦于灌浆期发生倒伏,因此粒重较低,以致小麦产量较低

The wheat was lodging at grain filling stage, and so the 1000-grain weight and yield were low

早在 20 世纪 60 年代后期,黄淮海农区就探索通过小麦玉米玉米 3 茬复合群体创高产的可能性<sup>[5,6]</sup>。当时,小麦玉米玉米复合群体内作物关系属

小麦/玉米 || 玉米方式,由于麦田预留套行较窄(宽度一般为 66.7cm 左右),加之又无地膜覆盖技术,上茬玉米播种较晚,上下茬玉米共生期长,矛盾大。

复合群体的产量结构基本是小麦 4500~6000kg/ha、上茬玉米 3000~4500kg/ha、下茬玉米 1500~3000kg/ha, 整个模式总产达 9000~13500kg/ha。

本试验针对小麦/玉米 || 玉米方式存在的主要问题, 加宽上茬玉米套行至 120cm 左右, 并采用保护地栽培使玉米提早至早春的 3 月上旬播种, 复合群体内作物关系演变为小麦 || 早春玉米/夏玉米方式。这样既缓解了小麦玉米间的竞争矛盾, 同时又使上下茬玉米形成套作关系, 共生期大大缩短, 竞争矛盾大大缓解, 整个方式产量潜力得到了进一步发挥。

## 2.2 早春玉米/夏玉米的高产特性

借助于地膜覆盖栽培, 玉米可以大幅度提早至 3 月上旬播种, 中晚熟品种亦可在 7 月中旬成熟收获。由表 3 可以看出, 在种植密度相同的条件下,

40cm 窄行、100~170cm 宽行下的早春玉米产量与 70cm 等行栽培差异甚小。由此, 宽窄行种植保证早春玉米产量的可能性为下茬玉米套种创造了条件。由表 3 亦可看出, 早春玉米垄作栽培产量稍高于平作。

早春玉米实行宽窄行种植, 下茬玉米可于 6 月中下旬套种于早春玉米宽行中, 上下茬玉米共生期 15~30d, 对下茬玉米影响较小。由表 4 结果可以看出, 在 40cm 窄行与 100cm 宽行(平均行距 75cm)的种植形式下, 早春玉米可达 11250kg/ha 以上, 套作夏玉米 6750kg/ha 以上, 总产可达 18000kg/ha 以上。由表 4 亦可看出, 无肥玉米产量较低, 尤其是下茬套作的夏玉米, 减产幅度更大。同样, 高肥处理与中肥产量亦无实质差异。

表 3 早春玉米不同种植方式的产量效应(山东农业大学实验农场, 1997)<sup>1)</sup>

Table 3 Yield variations of early spring maize in different planting patterns (Experimental Station of Shandong Agricultural University, 1997)

带型 Planting pattern	密度 Plants/ha	穗数 Ear number / ha	穗粒数 Grains/ ear	千粒重 1000-grain weight(g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)
70cm 等行垄作 70cm equidistant row space with ridge cultured	67500	64905	618.0	346.0	13878.0	12411.0
70cm 等行平作 70cm equidistant row space with bed cultured	67500	64620	587.9	342.0	12993.0	11614.5
40~100cm 宽窄行垄作 Paired ridge cultured with 40cm narrower and 100cm broader row space	67500	64770	608.0	337.8	13297.5	12040.5
40~100cm 宽窄行平作 Paired bed cultured with 40cm narrower and 100cm broader row space	67500	66195	602.2	326.8	13027.5	11578.5
40~170cm 宽窄行垄作 Paired ridge cultured with 40cm narrower and 170cm broader row space	67500	63495	608.0	354.6	13689.0	12271.5
40~170cm 宽窄行平作 Paired bed cultured with 40cm narrower and 170cm broader row space	67500	63810	536.4	327.6	11212.5	10947.0

<sup>1)</sup> 玉米品种为掖单 22 号, 3 月 18 日覆膜播种, 7 月 21 日成熟收获

The maize variety is YD22, which was planted with plastic film covered on 18, March, and harvested on 21, July

## 2.3 小麦-夏玉米方式的高产特性

由表 5 看出, 本试验条件下, 在同一田块上, 运用 20+40 小麦种植模式, 小麦最高产量可达 8587.95kg/ha, 夏玉米可达 12303.30kg/ha。肥料充足条件下, 两熟总产可达 18000~21000kg/ha (最高总产为 20887.35kg/ha)。表 5 亦表明, 无肥作物产量较低, 过量施肥(高肥)增产效果亦不明显。

近年来, 山东地区创高产的实践表明, (1) 小麦高产 7500~8250kg/ha, 技术相对成熟一些, 但实现 9000kg/ha 的超高产, 仍然十分困难, 重现性仍较差, 尤其是在除胶东以外受干热风影响较重的广大地区, 小麦高产 9000kg/ha 的重现性更差。山东推广的小麦品种主要包括大穗型和中多穗型两大类型。大穗型品种多偏晚熟, 影响实现超高产的主要矛

盾是后期降雨和干热风影响,粒重年际间不稳。表 5 中的鲁麦 22 号属大穗型高产品种,6 月 4 日后连续阴雨天,6 月 7 日天晴高温,小麦青枯成熟、千粒重较低,产量只有 7500kg/ha 左右。中多穗型品种多偏早熟,受后期阴雨和干热风影响小一些,但倒伏问题是影响创超高产的重要因素。由表 5 看出,济南 17 号属中多穗型品种,成熟较鲁麦 22 号早。因此,6 月 4 日后的连续阴雨对其产量影响相对较小,高肥和中肥处理产量高达 8584.05kg/ha 与 8587.95kg/

ha。再如表 2 所示,山东农业大学实验农场的试验,选用济南 17 号,后期因风雨倒伏,千粒重比大汶口颜南村的试验(表 5)降低达 10g 之多。(2)玉米每公顷生产 11250kg 技术相对成熟一些,但实现 13500kg/ha 产量仍难度很大,年际间重现性较低,需由种子质量、技术(播期、密度、整齐度、病虫害防治、肥水调控、收获期等)和气候因素等综合作用才易于实现。

表 4 早春玉米/夏玉米方式产量测定结果(大汶口镇颜南村)

Table 4 The yield of early spring maize/summer maize cropping pattern(Dawenkou Town)

肥料处理 Fertilizer treatments	早春玉米 Early spring maize					夏玉米 Summer maize					全年产量 Annual yield	
	穗数 Ear number /ha	穗粒数 Grains /ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)	穗数 Ear number /ha	穗粒数 Grains /ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ha)
高肥 High	70043.55	508.56	325.59	11598.00	11447.40Aa	68336.70	375.77	258.07	6627.00	6796.65Aa	18225.00	18244.05Aa
中肥 Middle	72790.35	477.37	324.50	11275.65	11341.05Aa	65003.25	418.50	261.72	7119.75	7044.45Aa	18395.40	18385.50Aa
无肥 None	68670.15	435.86	264.39	7913.40	7120.35Bb	63336.45	287.93	218.27	3980.40	3855.75Bb	11893.80	10976.10Bb

表 5 小麦-夏玉米方式产量测定结果(大汶口镇颜南村)

Table 5 The yield of winter wheat-summer maize cropping pattern(Dawenkou Town)

小麦 品种 Wheat varieties	肥料 处理 Fertilizer treatments	小麦 Winter wheat					夏玉米 Summer maize					全年产量 Annual yield	
		穗数 Ear number (x10 <sup>4</sup> / ha)	穗粒数 Grains ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg/ ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ ha)	穗数 Ear number /ha	穗粒数 Grains /ear	千粒重 1000- grain weight (g)	理论产量 Theoretical grain yield (kg /ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg/ ha)	理论产量 Theoretic- al grain yield (kg /ha)	实测产量 Actual tested grain yield (kg /ha)
鲁麦 22 号 L22	高肥 High	352.20	51.41	43.19	7822.95	7349.40Aa	66670.05	556.27	312.04	11567.25	11120.85Ab	19387.50	18467.25Aa
	中肥 Middle	346.95	50.40	45.84	8015.70	7722.60Aa	5000.25	576.11	296.85	12826.95	12147.30Aa	20842.65	19869.90Aa
	无肥 None	304.95	48.80	46.55	6927.30	6383.70Bb	5000.25	415.89	238.82	8094.45	7774.05Bc	15021.75	14157.75Bb
济南 17 号 J17	高肥 High	607.05	41.87	36.04	9160.35	8584.05Aa	4815.06	569.57	308.67	12697.95	12303.30Aa	21858.30	20887.35Aa
	中肥 Middle	599.70	39.57	37.59	8920.20	8587.95Aa	4815.06	533.95	317.27	12235.50	12125.55Aa	21155.70	20713.50Aa
	无肥 None	487.95	37.60	40.37	7406.70	7454.25Bb	5000.25	445.76	250.38	8371.05	7978.50Bb	15777.75	15432.75Bb

### 3 讨论

从本研究的结果看,小麦||早春玉米/夏玉米、早春玉米/夏玉米和小麦-夏玉米 3 种集约种植方式都能实现 18000kg/ha 以上的超高产,但不同种植方式的高产潜力、生产特性及配套技术仍有较大差异。小麦||早春玉米/夏玉米方式,时空集约性强,产量潜力较大,具有 22500kg/ha 的产量潜力,并且可利用麦田早春玉米种植以前的预留间套带种植菠菜等早熟速生越冬菜,早春玉米于 7 月中下旬收获后,

亦可在其位置上间种速生夏秋菜,起到增产增效的目的。从配套技术看,首先要严格 2.5~3.0m 带型,麦田预留间作早春玉米的空带要在 120cm 左右,太窄不利于协调麦玉共生矛盾,使早春玉米受荫重、发育迟、影响早熟高产。小麦要选择早熟抗倒丰产品种,要充分发挥边行生产优势和内行的群体生产优势。研究表明,间套带状种植小麦不仅具有边行优势的增产补偿作用,而且内行也较单作对照具有群体生产优势,以弥补因预留间套行少种所造成的产量负效应。冬小麦||早春玉米/夏玉米中带带状种植小麦在

其占地面积上产量达 10500kg/ha 以上才能保证小麦产量在自然面积上达到 6000kg/ha 以上。间套条件下的玉米其生长发育规律亦不同于单作玉米,因此,配套技术措施亦与单作不同。早春玉米和夏玉米要保证密度,实现苗全、齐、壮。早春玉米株距以 15cm 左右为宜,单位自然面积密度相当于单作的 70% 左右;夏玉米适当缩小株距,单位自然面积密度同单作。早春玉米和夏玉米生长前期因处于矮位受荫状态,生长环境差于单作玉米,小麦收获后的早春玉米和早春玉米收获后的夏玉米,则田间通风透光

条件明显改善和优于单作玉米。因此,间套条件下的早春玉米和夏玉米生长相对于同期播种的单作玉米具有“前期弱势后期强势补偿生长”的特点(表 6)。因此,在肥水管理上强调“前后并重”的原则,前期保证肥水,目的是尽量减缓生长弱势,后期保证肥水目的是尽可能充分发挥补偿性生长的潜力,努力争取单株产量超过相应的单作玉米,争取在自然面积上早春玉米产量达 6750kg/ha 以上,夏玉米 9750kg/ha 以上。

表 6 小麦 || 早春玉米/夏玉米体系中套作夏玉米生长模式分析(山东农业大学实验农场,1999 年 6~9 月)

Table 6 The growing pattern of early-relay-cropped summer maize in the system of winter wheat || early spring maize/summer maize (Experimental Station of Shandong Agricultural University, June to Sept. 1999)

时期 Time		出苗—小口期 Emergence—corn ear initiating	小口期—抽丝期 Corn ear initiating — silking	抽丝期—成熟期 Silking—ripe
植株生长率 Growth rate (g/plant · d)	套作夏玉米 Relay-cropped summer maize	0.40	3.27	4.08
	单作夏玉米 Monocultured summer maize	0.71	4.15	3.56
植株相对生长率 Relative growth rate (g/g · d)	套作夏玉米 Relay-cropped summer maize	0.114	0.077	0.024
	单作夏玉米 Monocultured summer maize	0.130	0.067	0.018
植株净同化率 Net assimilation rate (g/m <sup>2</sup> · d)	套作夏玉米 Relay-cropped summer maize	8.92	10.31	9.12
	单作夏玉米 Monocultured summer maize	11.25	9.79	6.41

小麦 || 早春玉米/夏玉米虽然具有较大的生产潜力,并且可纳入蔬菜间套种植,提高效益,但机械化操作相对困难些。因此,努力研究配套机械化栽培是完善该超高产种植体系的重要关键。早春玉米/夏玉米方式是近年来我们研究创建的新型超高产种植模式,春、夏玉米套作双季产量可达 18000kg/ha 以上。进一步研究配套技术,早春玉米产量有望达到 12750kg/ha 以上、夏玉米 8250kg/ha 以上,双季玉米总产达 21000kg/ha 以上。另外,该模式的另一特点是春、夏玉米的宽行中可纳入春秋两季蔬菜间套种植(表 7),具有粮菜并重高产高效的特征。

本研究中,在保证肥水条件下,运用 20+40 模式种植小麦、夏玉米一年两熟,年总产达到 18473.25~20887.35kg/ha,单位面积产量比当前的高产吨粮田(1t/666.7m<sup>2</sup>,15t/ha)增产 20%~40%。进一步研究实现小麦产量 9000kg/ha、夏玉米 13500kg/ha,一年两熟总产达 22500kg/ha 是可能的。小麦实行窄行 20cm、宽行 40cm 的宽窄行 20+40 模式种植,小麦全田皆处于“边行”生长状态,比常规方式增产且抗倒稳产<sup>[4]</sup>。

表 7 莴苣 || 早春玉米/夏玉米 || 大白菜模式中蔬菜产量的测定结果(大汶口镇颜南村,1999)

Table 7 The yield of lettuce and cabbage in the lettuce || early spring maize/summer maize || cabbage cropping pattern (Dawenkou Town, 1999)

肥料处理 Fertilizer treatments	莴苣 Lettuce (kg/ha)	大白菜 Cabbage (kg/ha)
高肥 High	51228.45	101112.45
中肥 Middle	33775.80	83334.45
无肥 None	18188.40	33333.75

1998 年 9 月份开始,在大汶口镇颜南村进行的运用 20+40 模式创建小麦超高产的试验,1999 年 6 月 7 日山东省农业厅邀请专家,对试验进行了实打验收,结果选用优质小麦济南 17 号,20+40 模式种植条件下,0.138/ha 小麦实收平均达 8838.45kg/ha。20+40 模式下,夏玉米 60cm 等行距栽培,选用高质量的高产杂交玉米良种、保证密度和严格整齐度、合理肥水调控、注重后期肥水管理、充分成熟,产量达 12750~13500kg/ha 以上是可能的(本试验玉米最高产量为 12303.30kg/ha)。另外,小麦-夏玉米或小麦/夏玉米方式便于机械化操作,实现高产后大面积

推广可能会更容易一些。

**致谢:**山东农业大学农学系张新春、申加祥、潘海军、赵加美同学参加部分研究工作。

#### References:

- [1] Wang S A. The Theory and Practice of 15t/ha High Yield Output in Winter Wheat and Summer Maize Double Cropping Pattern [M]. Beijing: Agricultural Press, 1991. (in Chinese)  
王树安主编. 吨粮田技术-小麦夏玉米两茬平播亩产吨粮的理论与技术研究[M]. 北京:农业出版社,1991.
- [2] Tong P Y, Yi W X. The Theory and Practice of 15t/ha High Yield Output in China [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1993. (in Chinese)  
佟屏亚,易维希编著. 吨粮田开发的理论与技术[M]. 北京:中国农业出版社,1993.
- [3] Li Z J, Li F C, Zhao B Q. Researches on crop yield, solar and heat resources use efficiency of winter wheat/maize/maize cropping pattern[J]. Journal of Shandong Agricultural

University, 1998, 29(4): 419-426. (in Chinese)

李增嘉,李凤超,赵秉强. 小麦玉米玉米间套作的产量效应与光热资源利用率的研究[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29(4): 419-426.

- [4] Zhao B Q, Li F C, Yu S L, et al. Studies on correlation of strip type—seed rate—yield of strip planting wheat[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1999, 32(1): 33-39. (in Chinese)  
赵秉强,余松烈,李凤超,等. 带状种植小麦带型-群体-产量相关规律研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(1): 33-39.
- [5] Beijing Agriculture and Forestry Bureau. The Practice of Triple Cropping by Inter and Relay Cropping Method in Suburbs of Beijing [M]. Beijing: Beijing People Publishing House, 1975. (in Chinese)  
北京市农林局编. 北京郊区农作物间作套种三种三收经验[M]. 北京:人民教育出版社,1975.
- [6] Li F C, Li Z J, Yu H X. Based on the local conditions to make good use of the technique of winter wheat/maize/maize cropping pattern[J]. Journal of Shandong Agricultural College, 1978(2): 1-11. (in Chinese)  
李凤超,李增嘉,于洪欣. 因地制宜,掌握一年三粮方式的增产技术措施[J]. 山东农学院科研资料选编, 1978(2): 1-11.

## 欢迎订购《中国农业科学》2001 年增刊

2001 年第四届北京高新技术产业国际周首次把现代农业科技专家论坛正式列入国际周内容,表明新世纪伊始,国家对农业与农业高新技术的重视达到了一个新的高度。这次论坛以现代生物技术、信息技术、设施农业、农业工程、21 世纪中国农业等为主题进行了讲演与交流。来自农业界、农业经济学界、农业科学技术与工程领域的专家、学者,站在世界农业科技、经济发展的前沿,探讨了中国农业和农业科技发展面临的机遇与挑战,分析了我国的自身优势与不足,发表了对中国农业发展和农业科技具有启迪意义的认识和看法,提出了我国农业和农业科技发展战略。

为纪念这次具有历史意义和现实意义的盛会,为使应邀在论坛上发表演讲的专家、学者的真知灼见更加广泛地传播,我们将此次论坛的论文进行了编辑加工,现以《中国农业科学》2001 年增刊的形式正式出版。

本期增刊收录了 31 位国内外知名专家、学者的论文,分六个专题编辑成册,面向社会发行。六个专题分别为:21 世纪的中国农业、加入 WTO 与中国农业、现代生物技术与中国农业、信息技术与中国农业、农业工厂化发展前景、农业工程现状与发展前景。期望通过本刊将这次论坛上汇集的学术思想和研究成果广泛传播。

编辑部现有少量现刊,定价 15 元/册,需要者请直接汇款与编辑部联系邮购。

地址:100081 北京中关村南大街 12 号 《中国农业科学》编辑部

电话:010-68919808,68976244 传真:010-68976244

E-mail:zgnykx@mail.caas.net.cn