

## 春小麦品种产量水平估算模式的探讨

部 和 臣  
(中国科学院西北高原生物研究所)

产量水平是评选优良品种的决定指标。但在春小麦育种的早期阶段,个体产量性状的选择一般为定性选择,无法预测其将来的群体产量水平。即使在高代品系的产量鉴定和新品种的产量比较试验中,通常采用的同播量单因子试验方法,由于忽视各供试材料合理密植的差异性,其试验结果仍不能充分反映出各供试品种(系)的真实产量水平。以个体植株或少量的样本植株的产量性状参数估算其在适宜群体条件的产量水平,在育种的早期阶段对产量性状实行定量选择,目前国内外尚很少有这方面的报道。针对上述问题,我们通过一些试验和统计分析,发现个体植株的某些产量性状与群体产量水平之间具有极高的相关性。并以这些产量性状参数,初步制订出春小麦品种产量水平的估算模式。以供育种参考应用。

### 一、试验基本情况

#### (一) 试验年份与地区

试验分别于 1984 年在西宁市,1985 年在甘肃省山丹县霍城乡,1986 年在青海省都兰县香日德乡等 3 个地区进行。西宁市位于青海省湟水流域,海拔高度为 2261.2 米,年平均气温 5.7℃,年降水量 368.2 毫米。属凉温半湿润农业气候。是青海省春小麦主要产区之一;霍城乡位于甘肃省河西走廊中段,祁连山北麓。海拔高度为 2400 米,年平均气温 1.1℃,年降水量 353.8 毫米。属冷凉半湿润农业气候;香日德乡位于柴达木盆地东南部。海拔高度为 2950 米。年平均气温 3.7℃,年降水量 163 毫米。属凉温干燥柴达木盆地农业气候。是著名的春小麦高产地区,1978 年曾创造亩产 1013 公斤的春小麦高产纪录。

#### (二) 供试品种的来源与类型

1. 阿勃: 来源于意大利。株高 120 厘米左右,叶片大而披垂,穗长方形,顶芒,多花多实。属高秆、大叶、披叶、大穗类型。是青海省主要栽培品种。
2. 高原 338: 本所育成。株高 80 厘米左右,叶片宽大上举,穗微棒形,长芒,粒大穗重。属矮秆、大叶、直叶、大穗类型。
3. M47: 来源于墨西哥。株高 100 厘米左右,叶片小而挺直,穗纺锤形,长芒,穗较

表1 供试品种的最适群体指标及产量水平

Table 1 The optimum colony indexes and yield of varieties.

地区 Area	群体代号 Colony code (X)	方程式 Equation	最适X值 Optimum X values	最高Y值 (公斤/亩) Highest Y values (kg/mu)
阿勃 Abbondanza				
	X <sub>1</sub>	$Y = 187.84 + 19.82X - 0.546X^2$	18.14	367.7
	X <sub>2</sub>	$Y = -278.47 + 51.82X - 1.02X^2$	25.39	379.7
	X <sub>3</sub>	$Y = -278.0 + 222.33X - 18.88X^2$	5.89	376.5
	X <sub>4</sub>	$Y = -435.0 + 344.85X - 36.08X^2$	4.78	389.0
	X <sub>5</sub>	$Y = -381.9 + 429.53X - 60.83X^2$	3.53	376.3
	X <sub>6</sub>	$Y = -291.1 + 806.8X - 239.78X^2$	1.68	387.6
	X <sub>7</sub>	$Y = -329.4 + 872.5X - 268.05X^2$	1.63	380.6
	平均 Average			379.6
高原 338 Gaoyuan 338				
西宁 Xining (1984)	X <sub>1</sub>	$Y = 360.35 + 11.93X - 0.209X^2$	28.5	530.6
	X <sub>2</sub>	$Y = -18.77 + 35.23X - 0.5775X^2$	30.5	518.5
	X <sub>3</sub>	$Y = -77.15 + 193.68X - 15.84X^2$	6.11	514.9
	X <sub>4</sub>	$Y = -21.15 + 194.21X - 18.14X^2$	5.35	498.7
	X <sub>5</sub>	$Y = 9.35 + 220.28X - 24.97X^2$	4.41	495.2
	X <sub>6</sub>	$Y = 129.8 + 253.44X - 41.6X^2$	3.05	515.8
	X <sub>7</sub>	$Y = -114.95 + 712.4X - 202.2X^2$	1.75	512.5
		平均 Average		
M47				
	X <sub>1</sub>	$Y = 370.46 + 8.15X - 0.1094X^2$	37.3	522.2
	X <sub>2</sub>	$Y = 124.85 + 16.685X - 0.1864X^2$	44.8	498.2
	X <sub>3</sub>	$Y = 78.92 + 146.8X - 12.81X^2$	5.73	499.5
	X <sub>4</sub>	$Y = 77.85 + 171.705X - 17.51X^2$	4.90	498.8
	X <sub>5</sub>	$Y = 94.9 + 209.77X - 27.395X^2$	3.83	496.5
	X <sub>6</sub>	$Y = 91.64 + 371.92X - 85.89X^2$	2.17	494.3
	X <sub>7</sub>	$Y = 108.18 + 463.69X - 136.965X^2$	1.69	500.6
	平均 Average			501.6
阿勃 Abbondanza				
霍城 Huocheng (1985)	X <sub>1</sub>	$Y = 165.13 + 8.175X - 0.0724X^2$	56.46	395.9
	X <sub>2</sub>	$Y = 36.54 + 12.855X - 0.12X^2$	53.72	380.8
	X <sub>3</sub>	$Y = 55.5 + 106.01X - 9.1X^2$	5.82	364.2
	X <sub>4</sub>	$Y = 9.7 + 162.65X - 18.122X^2$	4.49	374.7
	X <sub>5</sub>	$Y = -37.24 + 270.11X - 44.25X^2$	3.05	375.0
	X <sub>6</sub>	$Y = -90.58 + 613.74X - 204.45X^2$	1.50	369.3
	X <sub>7</sub>	$Y = 30.03 + 457.3X - 151.115X^2$	1.51	376.0
		平均 Average		

地区 Area (um/g)	群体代号 Colony code (X)	方程式 Equation	最適 X 值 Optimum X values	最高 Y 值 (公斤/亩) Highest Y values (kg/mu)
高原 338 Gaoyuan 338				
霍城 Huocheng (1985)	X <sub>1</sub>	$Y = 141.71 + 18.287X - 0.1787X^2$	51.3	609.6
	X <sub>2</sub>	$Y = 17.215 + 21.375X - 0.2014X^2$	53.1	584.4
	X <sub>3</sub>	$Y = 33.66 + 181.1X - 15.285X^2$	5.92	570.1
	X <sub>4</sub>	$Y = 22.61 + 223.39X - 22.955X^2$	4.87	566.1
	X <sub>5</sub>	$Y = 21.19 + 310.36X - 44.56X^2$	3.48	561.6
	X <sub>6</sub>	$Y = -15.05 + 772.77X - 261.801X^2$	1.48	555.2
	X <sub>7</sub>	$Y = 42.46 + 541.82X - 140.43X^2$	1.93	565.1
	平均 Average			573.2
阿勃 Abbondanza				
香日德 Xiangride (1986)	X <sub>1</sub>	$Y = 491.61 + 2.0955X - 0.0256X^2$	40.91	534.5
	X <sub>2</sub>	$Y = 188.84 + 15.6975X - 0.1753X^2$	44.78	540.3
	X <sub>3</sub>	$Y = -473.138 + 347.607X - 29.845X^2$	5.82	539.0
	X <sub>4</sub>	$Y = -332.66 + 332.02X - 31.588X^2$	5.25	539.8
	X <sub>5</sub>	$Y = -325.97 + 424.55X - 51.67X^2$	4.10	546.1
	X <sub>6</sub>	$Y = -103.68 + 529.1X - 109.167X^2$	2.42	537.4
	X <sub>7</sub>	$Y = -4.487 + 623.76X - 180.59X^2$	1.72	534.1
	平均 Average			538.7
高原 338 Gaoyuan 338				
	X <sub>1</sub>	$Y = 483.7 + 15.851X - 0.1865X^2$	42.5	820.5
	X <sub>2</sub>	$Y = -33.73 + 37.6X - 0.4233X^2$	44.4	801.2
	X <sub>3</sub>	$Y = -306.7 + 384.85X - 33.773X^2$	5.70	789.7
	X <sub>4</sub>	$Y = -282.76 + 412.88X - 39.97X^2$	5.16	783.5
	X <sub>5</sub>	$Y = -266.86 + 504.74X - 60.688X^2$	4.16	782.6
	X <sub>6</sub>	$Y = -182.01 + 726.32X - 137.43X^2$	2.64	777.6
	X <sub>7</sub>	$Y = -131.78 + 1092.56X - 328.8X^2$	1.66	775.8
	平均 Average			790.1
墨波 Potam				
	X <sub>1</sub>	$Y = 484.036 + 5.251X - 0.059X^2$	44.5	600.9
	X <sub>2</sub>	$Y = 65.4 + 18.44X - 0.1563X^2$	59.0	609.3
	X <sub>3</sub>	$Y = -150.98 + 258.11X - 22.393X^2$	5.76	592.8
	X <sub>4</sub>	$Y = -260.55 + 338.69X - 33.383X^2$	5.07	598.5
	X <sub>5</sub>	$Y = -248.81 + 420.95X - 52.084X^2$	4.04	601.7
	X <sub>6</sub>	$Y = -118.8 + 615.58X - 131.62X^2$	2.35	600.9
	X <sub>7</sub>	$Y = -293.75 + 1025.35X - 295.85X^2$	1.73	594.7
	平均 Average			599.8

表 1 (续)

地区 Area	群体代号 Colony code (X)	方程式 Equation	最适 X 值 Optimum X' values	最高 Y 值 (公斤/亩) Highest Y values (kg/mu)
		69-55-13-14		
香日德 Xiangride (1986)	X <sub>1</sub>	$Y = 499.12 + 7.349X - 0.085X^2$	43.3	658.0
	X <sub>2</sub>	$Y = 141.21 + 18.99X - 0.181X^2$	52.5	639.3
	X <sub>3</sub>	$Y = -201.74 + 272.78X - 22.377X^2$	6.10	629.6
	X <sub>4</sub>	$Y = -177.24 + 295.72X - 27.13X^2$	5.45	628.6
	X <sub>5</sub>	$Y = -180.54 + 361.35X - 40.124X^2$	4.50	633.0
	X <sub>6</sub>	$Y = -60.0 + 499.58X - 90.645X^2$	2.76	628.3
	X <sub>7</sub>	$Y = -23.41 + 739.81X - 210.109X^2$	1.76	627.8
	Average			634.9

注: 主要群体指标的原始数据见表 7。

Note: The firsthand information of the primary colony indexes in table 7.

小。属中秆、小叶、直叶、多穗类型。

4. 墨波 (Potam): 来源于墨西哥。株高 85 厘米, 叶片窄小而披垂, 穗纺锤形, 长芒, 穗小。属矮秆、小叶、披叶、多穗类型。

5. 69-55-13-14: 本所育成品系。株高 85 厘米左右, 叶片中等披垂, 穗棒形, 长芒, 粒小多花。属矮秆、披叶、中等穗数类型。

西宁地区以阿勃、高原 338、M47 等 3 个品种为试验材料; 霍城地区以阿勃和高原 338 2 个品种为试验材料; 香日德地区以阿勃、高原 338、墨波和 69-55-13-14 等 4 个品种为试验材料。

### (三) 试验方法

1. 密度处理: 供试品种以不同播种量设置 8—10 个密级, 以便利用统计学分析各品种和各地区的合理密植、各项最适群体指标和产量水平。田间试验以品种为整区, 随机排列。密度为裂区, 从稀到密顺序排列。重复 3 次。

2. 栽培条件: 3 个地区的主试验均在高肥条件下进行, 以各试验地原土壤肥力为基础, 每亩增施纯氮 12.8 公斤, 纯磷 9.2 公斤。

霍城试验点的阿勃品种和香日德试验点的 4 个供试品种, 增设低肥处理。低肥处理是在原土壤肥力条件下进行, 不施化学肥料。

试验地的水分条件, 除霍城试验点因水源缺乏、不能及时灌溉, 田间常出现间断性干旱外, 西宁和香日德两地的试验均在适宜灌溉条件下进行。

3. 调查项目: 群体指标主要调查基本苗数、有效穗数, 不同茎生叶片构成的叶面积指数和群体籽粒产量。调查样方为 1 米<sup>2</sup>。抽穗至开花期间取样测定茎生顶部 4 片叶的长、宽和面积。成熟期取样调查株高、穗粒数、千粒重和穗粒重。样本一般为 30 个有效茎。以平均穗粒重/平均单茎叶面积(顶部 4 片叶)计算谷叶比值。

表2 高肥条件下,品种和地区间各项最适群体指标的差异性和同一性比较

Table 2 The difference and identity of the optimum colony indexes between the varieties and the areas on high fertility condition.

地区 Area	品 种 Variety	最适苗数 (万/亩) Optimum seedlings (ten thou/mu)	最适穗数 (万/亩) Optimum spikes (ten thou/mu)	不同茎生叶片数构成的最适叶面积指数 The optimum LAI of different stem leaves					产量水平 (公斤/亩) Yield (kg/mu)
				顶4叶 Top 4 leaves	顶3叶 Top 3 leaves	顶2叶 Top 2 leaves	剑叶 Flag leaf	倒2叶 2nd leaf	
西宁 Xining	阿勃 Abbondanza	18.14	25.39	5.89	4.78	3.53	1.68	1.63	379.6
	高原338 Gaoyuan 338	28.5	30.5	6.11	5.35	4.41	3.05	1.75	512.3
	M47	37.3	44.8	5.73	4.90	3.83	2.17	1.69	501.4
霍城 Huocheng	阿勃 Abbondanza	56.46	53.72	5.82	4.49	3.05	1.50	1.51	376.6
	高原338 Gaoyuan 338	51.3	53.1	5.92	4.87	3.48	1.48	1.93	573.2
香日德 Xiangride	阿勃 Abbondanza	40.91	44.78	5.82	5.25	4.10	2.42	1.72	538.7
	高原338 Gaoyuan 338	42.5	44.4	5.70	5.16	4.16	2.61	1.66	790.1
	Potam	44.5	59.0	5.76	5.07	4.04	2.35	1.73	599.8
	69-55-13-14	43.3	52.5	6.10	5.45	4.50	2.76	1.76	634.9
	$\bar{x} \pm S$	40.32 ± 11.47	45.35 ± 11.11	5.87 ± 0.15	5.04 ± 0.3	3.9 ± 0.47	2.23 ± 0.567	1.71 ± 0.113	545.2 ± 127.8
	C. V.	28.4	24.5	2.56	5.95	12.05	25.43	6.61	23.44

## 二、试验结果与分析

### (一) 品种间和地区间主要群体指标的差异性和同一性

根据密度试验资料,以苗数( $X_1$ )、穗数( $X_2$ )以及茎生顶部4叶( $X_3$ )、顶3叶( $X_4$ )、顶2叶( $X_5$ )、剑叶( $X_6$ )、倒2叶( $X_7$ )构成的叶面积指数等7项群体指标与产量( $Y$ )之间的统计分析结果表明,在高肥条件下各项群体指标与产量之间均呈抛物线关系(表1)。从而查明了各供试品种的各项最适群体指标及产量水平。比较这些群体指标可以看出(表2),品种间和地区间的最适苗数、穗数差异较大。每亩最适苗数平均为 $40.32 \pm 11.47$ 万株,最适穗数平均为 $45.35 \pm 11.11$ 万。变异系数分别为28.46和24.5。但是,由茎生顶部4片叶构成的最适叶面积指数则十分接近,平均为 $5.87 \pm 0.15$ ,变异系数仅2.55。说明品种间和地区间尽管最适苗数和穗数的差异很大,但由茎生顶部4片叶构成的最适叶面积指数却具有同一性,比较由不同叶片数构成的最适叶面积指数,则发现随统计的叶片数减少,其差异性则增大。

在低肥条件下,由于肥力的限制,各项最适群体指标都比在高肥条件下显著降低。尤其是茎生顶部4片叶构成的最适叶面积指数下降最为明显,减少近2倍。而且,品种间也不存在具有同一性的群体指标(表3)。

表3 低肥条件下部分品种的主要最适群体指标和产量水平

Table 3 The main optimum colony indexes and yield of some varieties on the low fertility condition.

地区 Area	品种 Variety	最适苗数(万/亩) Optimum seedlings (ten thou/mu)	最适穗数(万/亩) Optimum spikes (ten thou/mu)	茎生顶部4片叶构成的最适叶面积指数 The optimum LAI of stem top 4 leaves	产量水平(公斤/亩) Yield (kg/mu)
	高原 338 Gaoyuan 338	26.5	26.5	2.24	394.7
香日德 Xiangride	Potam	7.71	28.24	1.86	311.6
	69-55-13-14	25.9	30.5	2.30	364.9
	阿勃 Abbondanza	22.5	26.1	2.70	351.6
霍城 Huocheng	阿勃 Abbondanza	27.2	17.15	1.17	173.4
$\bar{x} \pm S$		$21.96 \pm 8.17$	$25.7 \pm 5.08$	$2.05 \pm 0.58$	$319.24 \pm 86.82$
C.V.		37.2	19.77	28.3	27.2

### (二) 品种的形态性状与最适穗数的关系

在高肥条件下,以稀点播(25株/米<sup>2</sup>)和适宜密度的植株高度、剑叶面积、倒2叶面积和单茎叶面积(顶部4叶)等形态指标与品种的最适穗数之间进行相关性分析表明,这些

表4 品种的主要形态指标与最适穗数的关系

Table 4 The relation among the optimum spikes and the main form indexes of variety.

地区 Area	品种 Variety	稀点播 Low density			适宜密度 Optimum density				最适穗数 (万/亩) Optimum spikes (ten thou/mu)	
		株高(厘米) Stem height (cm)	剑叶面积 (厘米 <sup>2</sup> ) Flag leaf area (cm <sup>2</sup> )	倒2叶面积 (厘米 <sup>2</sup> ) 2nd leaf area (cm <sup>2</sup> )	单茎叶面积 (厘米 <sup>2</sup> ) One stem leaves area (cm <sup>2</sup> )	株高(厘米) Stem height (cm)	剑叶面积 (厘米 <sup>2</sup> ) Flag leaf area (cm <sup>2</sup> )	倒2叶面积 (厘米 <sup>2</sup> ) 2nd leaf area (cm <sup>2</sup> )		单茎叶面积 (厘米 <sup>2</sup> ) One stem leaves area (cm <sup>2</sup> )
西宁 Xining	阿勃 Abbondanza	110	67.2	47.8	169.7	119.5	52.9	44.1	156.7	25.4
	高原338 Gaoyuan 338	80	63.0	46.3	149.5	82.5	48.7	40.5	141.7	30.5
	M47	90	39.2	28.4	95.9	100.5	30.1	24.6	83.7	44.8
霍城 Huocheng	阿勃 Abbondanza	87	31.4	19.0	74.4	101.0	20.5	19.6	73.7	53.7
	高原338 Gaoyuan 338	65	21.4	19.4	65.9	77.4	20.5	29.0	69.5	53.1
香日德 Xiangride	阿勃 Abbondanza	105	49.7	33.5	126.5	106.7	39.4	28.1	98.2	44.8
	高原338 Gaoyuan 338	72	48.6	31.1	111.3	89.5	39.6	26.0	94.2	44.4
	Potam	80	32.9	27.6	86.4	85.2	27.4	22.8	68.7	59.0
	69-55-13-14	73	47.6	29.6	107.5	85.9	37.4	23.8	83.8	52.5
各性状与穗数的相关系数 The correlation coefficient among the characters and the optimum spikes		-0.5364	-0.8723**	-0.8991**	-0.9071**	-0.4913	-0.8663**	-0.9107**	-0.9714**	

\*\* 为1%显著水平。(下同) 1% Significance (the same below),

表5 品种的产量性状和产量

Table 5 The relation among the yield

地区 Area	品种 Variety	稀点播 Low density				
		单株穗数 Spikes/single plant	单株粒重(克) Kernel wt./single plant (g)	穗粒数 Kernels/spike	千粒重(克) Kernel wt./1000 (g)	穗粒重(克) Kernel wt./spike (g)
西宁 Xining	阿勃 Abbondanza	12.3	27.8	61.6	36.8	2.27
	高原 338 Gaoyuan 338	6.7	22.0	53.6	61.3	3.28
	M47	9.4	23.4	48.9	50.8	2.48
霍城 Huocheng	阿勃 Abbondanza	5.4	8.24	48.6	31.8	1.54
	高原 338 Gaoyuan 338	3.5	7.56	42.5	50.4	2.16
香日德 Xiangride	阿勃 Abbondanza	5.3	11.66	48.4	42.5	2.2
	高原 338 Gaoyuan 338	4.7	14.06	48.0	61.0	3.01
	Potam	8.4	15.37	35.2	47.0	1.83
	69-55-13-14	6.9	14.9	56.5	40.0	2.16
产量性状与产量的相关系数 The correlation coefficient among the yield characters and the yield		-0.4636	-0.2794	-0.3407	0.6277	0.4076

形态指标与最适穗数均为负相关。除株高与最适穗数的负相关系数较低外,其余的都达到极显著水平(表4)。其负相关系数的大小顺序为:单茎叶面积(-0.9071、-0.9714) > 倒2叶面积(-0.8991, -0.9107) > 剑叶面积(-0.8723, -0.8663) > 株高(-0.5364, -0.4913)。说明茎生叶片的大小,无论是品种间的遗传差异,还是地区间的环境差异,都强烈地影响着最适穗数的多少。单茎叶面积大,其最适穗数则少,单茎叶面积小,最适穗数则多。植株高度与最适穗数的多少则无必然的联系。

### (三) 品种主要产量性状与产量水平的关系

以稀点播的单株产量性状和最适群体条件下的产量构成因子与品种的产量水平进行相关分析的结果表明(表5),在稀点播条件下,品种的单株穗数、单株粒重、穗粒数等与产量水平之间均为负相关,相关系数分别为-0.4636、-0.2794和-0.3407,千粒重和穗粒重与品种的产量水平为正相关,相关系数分别为0.6277、0.4076。这些单株产量性状与产量水平之间,无论是正相关还是负相关均未达到显著水平。说明,在稀点播条件下根据上述性状选择高产品种,其可靠性都不很大。

以穗数×穗粒重=产量的产量结构模式中,最适穗数与品种的产量水平之间为正相

构成因子与产量水平的关系

characters, yield factors and yield.

适宜密度 Optimum density						产量 (公斤/亩) Yield (kg/mu)
适宜穗数 (万/亩) Optimum spikes (ten thou/mu)	穗粒数 Kernel/spike	千粒重(克) Kernel wt./1000 (g)	穗粒重(克) Kernel wt./spike (g)	谷叶比值 (克/米 <sup>2</sup> ) Rate of grain and leaf (g/m <sup>2</sup> )	最适叶面积指数 Optimum LAI	
25.4	36.4	39.3	1.38	96.7	5.89	379.6
30.5	37.4	47.1	1.77	126.0	6.11	512.3
44.8	28.4	40.4	1.18	129.0	5.73	501.4
53.7	21.7	45.8	0.87	96.8	5.82	376.6
53.1	19.1	60.2	1.20	144.7	5.92	573.2
44.8	26.6	45.6	1.26	138.6	5.82	538.7
44.4	28.0	65.0	1.76	207.9	5.70	790.1
59.0	24.1	44.3	1.07	156.2	5.76	599.8
52.5	33.0	39.9	1.26	156.1	6.10	634.9
0.3331	-0.1022	0.6209	0.4715	0.9944**	-0.1434	

关 ( $r = 0.3331$ ), 穗粒重也为正相关 ( $r = 0.4715$ )。从两者与产量的相关强度来看, 穗粒重对产量的影响比穗数要大一些。但两者都不能单独成为产量的决定因子。千粒重与产量水平之间有较强的正相关 ( $r = 0.6209$ ), 而穗粒数与产量的相关性则很低 ( $r = -0.1022$ )。说明大粒性状比多花性状容易获得高产。

以谷叶比值  $\times$  最适叶面积 = 产量的产量结构模式中, 代表群体指标的由茎生顶部 4 片叶构成的最适叶面积指数与产量水平之间的相关性极低 ( $r = -0.1434$ ), 而代表个体产量性状的谷叶比值与产量水平之间则为极显著正相关 ( $r = 0.9944$ )。说明在该产量结构模式中, 谷叶比值是产量的决定因子。谷叶比值高的品种, 其产量水平就高。地区间也同样如此。

(四) 叶面积指数对谷叶比值的影响

谷叶比值表示单位叶面积的生产能力。当群体增大时, 由于叶片相互遮荫, 必然会影响到叶面积的生产能力, 谷叶比值也随之下降。因此, 叶面积指数与谷叶比值之间, 无论是不同品种间还是不同地区间, 均为极显著负相关 (表 6)。回归分析表明, 叶面积指数每增加一个单位, 其谷叶比值平均下降  $8.357 \pm 0.459\%$ 。品种间和地区间的变异系数为 5.49。

表6 叶面积指数与谷叶比值之间的回归方程和相关系数(r)

Table 6 The regression equation and correlation coefficient (r) between the LAI and the rate of grain:leaf area.

地区 Area	品种 Variety	回归方程式 Regression equation	相关系数 correlation coefficient (r)	b/a (%)
西宁 Xining	阿勃 Abbondanza	$Y = 191.55 - 16.84x$	-0.9803**	8.79
	高原 338 Gaoyuan 338	$Y = 253.77 - 21.0x$	-0.9831**	8.28
	M47	$Y = 290.6 - 26.92x$	-0.9747**	9.26
霍城 Huocheng	阿勃 Abbondanza	$Y = 220.38 - 17.78x$	-0.9786**	8.07
	高原 338 Gaoyuan 338	$Y = 312.04 - 26.1x$	-0.9324**	8.36
香日德 Xiangride	阿勃 Abbondanza	$Y = 262.56 - 21.66x$	-0.9424**	8.25
	高原 338 Gaoyuan 338	$Y = 356.05 - 27.31x$	-0.9596**	7.67
	Potam	$Y = 296.44 - 25.15x$	-0.9664**	8.48
	69-55-13-14	$Y = 300.03 - 24.15x$	-0.9475**	8.05
	$\bar{x} \pm S$			8.357 ± 0.459
	C. V.			5.49

注: 叶面积指数和谷叶比值的原始数据见表7。

Note: The firsthand information of the LAI and the rate of grain:leaf area in Table 7.

说明,不同品种和不同地区间,叶面积指数对谷叶比值的影响程度是比较一致的。

通过上述试验结果与分析,说明了以下几个问题:

1. 在高肥条件下,春小麦品种间和地区间,由茎生顶部4片叶构成的最适群体叶面积指数具有同一性,平均为6左右(5.87 ± 0.15)。是一个比较稳定的群体指标。
2. 品种间和地区间,植株形态性状(尤其是茎生叶片的大小)的差异性,对其最适苗数、穗数的影响较大,而对最适叶面积指数则影响较小。
3. 在适宜群体条件下谷叶比值是产量水平的决定因素。
4. 谷叶比值受叶面积指数大小的影响,但其影响程度,在品种间和地区间比较一致。阐明这几方面的问题,对于制订品种产量水平的估算模式是十分必要的。

### 三、品种产量水平的估算模式

根据上述试验结果,我们可用谷叶比值和叶面积指数这两个基本参数来制订春小麦品种产量水平的估算模式。试验表明,由茎生顶部4片叶构成的最适叶面积指数“6”为不同类型品种间和地区间的一个稳定而相近的群体指标。因此,在制订估算模式时,它可作

为一个常数使用。而谷叶比值除了品种间和地区间的差异外，还受群体叶面积大小的影响。所以，只有在同一地区，最适群体条件下的谷叶比值才能够应用。

### (一) 谷叶比值的测定与处理

在田间试验条件下测定谷叶比值，由于供试材料的类型繁多，即使在相同苗数的情况下，各供试材料所发育起来的群体叶面积大小的差异也是相当大的。谷叶比值的高低不可避免地要受到群体叶面积大小的影响。然而，在田间试验条件下要使每个供试材料的群体叶面积均处在同一水平上或最适水平上是比较困难的。尤其是在育种的早期选择世代更是如此。鉴于品种间和地区间叶面积指数对谷叶比值的影响程度具有一致性的表现(表6)，我们以叶面积指数每增加一个单位，谷叶比值平均下降8.4%作为矫正系数，对不同群体条件下实际测定的谷叶比值进行处理，使之达到同一群体叶面积或最适群体叶面积条件下的理论值。根据叶面积指数与谷叶比值回归方程式中的  $a$  值和  $b$  值的关系，其矫正公式为

$$a = \frac{G}{1 - bx} = \frac{G}{1 - 0.084x} \quad (1)$$

$a$  表示叶面积指数极小时的谷叶比值； $b$  为矫正系数； $G$  为实际测定的谷叶比值； $x$  为测定谷叶比值的群体叶面积指数(茎生顶部4片叶构成)。

通过矫正后的谷叶比值已经消除了群体叶面积大小的影响。品种间则可以进行相对比较，其理论值高的品种，相对生产力也高。

### (二) 建立估算模式

任何一项实际测定的谷叶比值( $G$ )，同样可以通过矫正处理，而使之达到最适叶面积指数为6时的理论值。即：

$$\begin{aligned} a \cdot (1 - 0.084 \times 6) &= \frac{G}{1 - 0.084x} \times (1 - 0.084 \times 6) \\ &= \frac{G}{1 - 0.084x} \times 0.5 \end{aligned} \quad (2)$$

如果谷叶比值以“克/米<sup>2</sup>叶面积”为单位，那么公式(2)再乘以6，则为米<sup>2</sup>土地面积的籽粒产量(克)。

如果估算每亩的产量水平(公斤)，可用公式(3)表示：

$$\begin{aligned} Y(\text{公斤/亩}) &= \frac{G(\text{克})}{1 - 0.084x} \times 0.5 \times 6 \times 666.7(\text{米}^2)/1000(\text{克}) \\ &= \frac{G}{1 - 0.084x} \times 2 \end{aligned} \quad (3)$$

### (三) 估算模式的初步检验

以各供试品种在不同密度条件下的谷叶比值。应用公式(3)估算其产量水平和实际试验所得产量水平进行比较，对该模式的可靠性做初步检验。结果表明(表7)，除发生严重倒伏的高密度的估算值偏低外，一般都于实际试验值接近。霍城地区2个品种的估算值

表7 以谷叶比值估算品种的产量水平

Table 7 Used the rate of grain:leaf to estimate the yield level of varieties.

地区 Area	苗数(万/亩) Seedlings (ten thou/mu)	穗数(万/亩) Spikes (ten thou/mu)	叶面积指数 Leaf area index (LAI)	谷叶比值 Rate of grain:leaf (g/m <sup>2</sup> )	实际产量 (公斤/亩) Practical yield (kg/mu)	估算产量 (公斤/亩) Estimate yield (kg/mu)	估算值 试验值 (%) Estimate Experiment value value (%)
阿勃 Abbondanza							(379.6)
	1.2	9.5	2.33	139.4	140.0	346.6	91.3
	1.8	12.1	2.81	146.1	146.5	382.5	100.8
	2.9	14.6	3.48	141.0	334.0	398.5	105.0
	6.3	22.0	5.35	104.3	359.0	378.9	99.8
	12.4	28.0	6.77	93.7	375.0	434.5	114.5
	26.6	32.0	7.27	63.4	309.5	325.7	85.8
	24.7	34.5	8.04	52.1	279.0	321.0	84.6
	30.8	36.0	8.34	49.3	272.5	329.3	86.7
	36.2	37.5	8.79	39.3	230.5	300.4	79.1
平均 Average						357.5±43.6	94.2±11.5
高原338 Gaoyuan 338							(512.3)
	1.0	10.1	2.17	198.4	249.0	485.2	94.7
	2.0	14.7	3.16	196.9	420.0	536.1	104.6
	3.7	21.2	4.46	171.8	479.0	549.4	107.3
	8.8	25.9	5.66	132.3	497.0	504.4	98.5
	16.1	28.9	6.02	118.8	483.0	480.7	93.8
	24.8	34.7	7.14	97.7	530.5	488.2	95.3
	34.5	35.6	7.22	99.1	490.5	503.7	98.3
	41.2	38.5	7.62	94.8	477.0	526.8	102.8
	50.1	40.6	7.95	94.9	460.0	571.3	111.5
平均 Average						516.2±31.52	100.75±6.16
M47							(501.5)
	5.5	21.1	2.84	222.4	402.0	584.2	116.5
	13.3	40.2	4.67	159.3	461.5	524.3	104.5
	17.6	36.7	4.70	148.9	449.5	492.1	98.1
	23.7	43.6	5.54	149.6	553.5	559.6	111.6
	24.2	44.8	5.57	141.7	524.0	532.6	106.2
	39.3	53.0	6.94	112.2	493.0	538.1	107.4
	51.5	52.5	6.28	121.5	479.0	514.3	102.6
	64.3	55.0	6.90	99.6	459.0	473.8	94.5
平均 Average						527.4±35.3	105.1±7.15
西 宁 Xining (1984)							

地区 Area	苗数(万/亩) Seedlings (ten thou/mu)	穗数(万/亩) Spikes (ten thou/mu)	叶面积指数 Leaf area index (LAI)	谷叶比值 Rate of grain:leaf (g/m <sup>2</sup> )	实际产量 (公斤/亩) Practical yield (kg/mu)	估算产量 (公斤/亩) Estimate yield (kg/mu)	估算值(%) 试验值 Estimate Experiment value (%)
阿勃 Abbondanza							(376.6)
	1.117	9.1	1.02	207.0	120.6	452.8	120.2
	0.0310	12.0	1.34	203.8	182.1	459.3	122.0
	0.132	29.6	3.32	152.4	337.4	422.7	112.2
	0.26.6	35.6	4.11	130.6	357.9	398.9	105.9
	0.40.5	53.8	6.35	102.0	377.0	437.2	116.1
	0.51.6	60.3	5.89	132.0	336.2	522.5	138.7
	0.88.8	79.5	8.08	78.0	322.3	485.6	128.9
	0.92.0	76.8	7.87	82.0	317.0	483.9	128.5
霍城 Huocheng (1985)	平均 Average					457.9±39.3	121.56 ±10.42
高原 338 Gaoyuan 338							(571.3)
	0.81.2	4.2	0.42	328.0	93.1	680.0	119.6
	0.02.4	8.2	0.83	248.0	171.7	533.2	93.3
	1.00.1	20.6	2.21	272.7	401.8	669.7	117.2
	0.20.3	29.3	4.09	216.6	494.1	659.9	115.5
	0.30.5	35.5	4.07	211.0	508.2	641.2	112.2
	1.50.1	42.3	4.55	178.0	536.7	576.2	100.9
	0.50.1	61.0	5.53	156.0	571.0	582.7	102.0
	0.80.1	70.8	6.58	148.0	571.5	661.8	115.8
	平均 Average					625.6±54.1	109.6±9.5
阿勃 Abbondanza							(538.7)
	0.6.8	29.0	4.50	174.2	522.5	560.1	104.0
	0.8.13	29.77	4.63	152.9	471.9	500.4	92.9
	0.16.6	31.3	5.09	147.2	499.6	514.3	95.5
	0.25.0	38.8	6.47	126.6	545.9	554.6	103.0
	0.32.9	39.5	6.14	134.5	550.6	555.5	103.1
	0.36.5	45.8	6.58	125.7	551.4	562.1	104.3
	0.52.0	47.8	6.92	121.8	561.8	581.8	108.0
	0.69.5	47.6	6.29	124.0	480.7	525.8	97.6
香日德 Xiangride (1986)	0.80.9	67.6	7.19	96.1	434.5	485.3	90.1
	0.97.4	64.3	6.85	108.6	495.9	511.5	95.0
	平均 Average					535.1±31.8	99.35±5.89

Note: The number in ( ) is the realistic yield level of varieties (kg/mu).

表 7 (续)

地区 Area	苗数(万/亩) Seedlings (ten thou/mu)	穗数(万/亩) Spikes (ten thou/mu)	叶面积指数 Leaf area index (LAI)	谷叶比值 Rate of grain:leaf (g/m <sup>2</sup> )	实际产量 (公斤/亩) Practical yield (kg/mu)	估算产量 (公斤/亩) Estimate yield (kg/mu)	估算值(%) 试验值 Estimate Experiment value (%)
	高原 338 Gaoyuan 338						(790.1)
	3.7	17.4	2.56	284.2	484.9	724.1	91.6
	6.1	21.2	3.20	259.7	553.8	710.3	90.0
	13.8	31.1	5.22	222.3	743.8	768.8	97.3
	19.6	32.4	5.06	236.3	797.4	822.0	104.0
	30.1	34.3	5.22	211.2	735.4	752.2	95.2
	40.8	44.2	6.44	178.4	765.8	777.3	98.4
	49.1	47.7	6.34	205.4	868.0	878.8	111.2
	58.4	54.2	7.21	160.1	769.6	811.9	102.8
香日德	67.5	55.3	7.24	132.6	640.2	676.8	85.7
Xiangride (1986)	76.6	65.8	7.57	145.0	649.4	796.4	100.8
	平均 Average					771.86±59.3	97.7±7.49
	墨波 Potam						(599.8)
	3.4	30.3	3.21	211.3	452.2	578.6	96.5
	8.5	32.0	4.35	181.1	525.1	570.8	95.2
	17.1	49.7	5.63	158.3	594.3	600.7	100.1
	25.2	55.1	5.92	156.0	615.6	620.6	103.5
	38.3	55.5	5.85	153.3	598.0	602.8	100.5
	45.0	63.8	5.76	158.0	606.9	612.2	102.1
	48.4	64.3	6.13	149.3	610.3	615.5	102.6
	61.1	77.3	7.77	111.2	576.0	640.3	106.8
	75.6	82.5	7.62	92.0	467.4	511.2	85.2
	96.3	90.1	6.99	104.3	486.2	505.3	84.2
	平均 Average					585.81±45.5	97.67±7.59
	69-55-13-14						(634.9)
	4.53	26.5	3.70	217.9	537.6	632.3	99.6
	7.6	34.3	4.80	164.8	527.5	552.3	87.0
	12.1	35.5	5.16	168.1	578.4	593.4	93.5
	17.9	38.5	5.76	156.5	601.1	606.4	95.5
	27.5	44.1	5.81	168.7	653.8	659.0	103.8
	37.8	47.9	6.11	168.7	681.2	693.2	109.2
	47.4	51.6	6.46	148.6	639.8	649.8	102.3
	55.3	54.1	6.58	145.6	638.9	651.0	102.5
	72.2	65.0	7.81	106.4	554.0	618.7	97.4
	82.7	76.5	7.67	109.1	558.2	613.4	96.6
	平均 Average					626.95±39.3	98.74±6.19

注: ( ) 内的数字为各品种实际试验的产量水平(公斤/亩)。

Note: The number in ( ) is the realistic yield level of varieties (kg/mu).

表8. 品种产量水平的估算值和实际试验值比较

Table 8 The comparison between the estimate value and experiment value of yield level of varieties.

地区 Area	品种 Variety	估算产量(公斤/亩) Estimate yield (kg/mu)	试验产量(公斤/亩) Experiment yield (kg/mu)	估算值/试验值(%) Estimate value/experiment value (%)
西宁 Xining	阿勃 Abbondanza	357.5	379.1	94.18
	高原 338 Gaoyuan 338	516.2	512.3	100.8
	M47	527.4	501.5	105.16
霍城 Huo Cheng	阿勃 Abbondanza	457.9	376.6	121.59
	高原 338 Gaoyuan 338	625.6	571.3	109.5
香日德 Xiangride	阿勃 Abbondanza	535.1	538.7	99.33
	高原 338 Gaoyuan 338	771.9	790.1	97.70
	Potam	585.8	599.8	97.67
	69-55-13-14	627.0	634.9	98.76

均高于实际试验值。高原 338 平均高 9.5%，阿勃平均高 21.59%。这是因为该地区的试验在取样后、收割前遭到一场大风的袭击，由于严重落粒而使实际收获的产量减少所致。阿勃口松、落粒性强，所以产量损失也较大。西宁地区的 3 个品种和香日德地区的 4 个品种的估算值与实际试验值都比较一致(表 8)。

#### 四、讨 论

1. 品种间群体指标的同一性和稳定性是制订品种产量水平估算模式的基础。作物的产量均为群体指标和个体指标的乘积。如穗数×穗粒重=产量；生物产量×收获指数=籽粒产量等。如果以个体的产量性状指标估算群体产量水平，其群体指标必须是已知的。品种间的差异不明显的常数项。Austin 等(1983)指出高产品种和低产品种的最高叶面积指数相仿，而最高叶面积指数与产量无关。我们的试验进一步证明，在高肥条件下，春小麦品种间由茎生顶部 4 片叶构成的最适叶面积指数也相近，平均为 6 左右(5.87±0.15)。最适叶面积指数与产量的相关性也不显著( $r = -0.1434$ )。同时，从冬小麦(盛承师, 1986)、春小麦(程大志, 1985)、水稻(菲律宾国际水稻研究所, 1975)、大豆(常耀中, 1981)等作物的高产栽培和高产生理研究中，也可以发现其最适叶面积指数或最大叶面积指数均在 6 左右。说明品种间、地区间的最适叶面积指数是一个相近的和稳定的群体指标。高产品种、高产地区，甚至某些高产作物，是因为其单位叶面积的生产能力(即谷叶比值)高而表现高产的。由于明确了茎生顶部 4 片叶构成的最适叶面积指数是一个已知的、稳定

的群体指标,所以,品种产量水平的估算模式才有可能成立。

2. 谷叶比的叶片取样标准。谷叶比值与产量之间的相关关系的强弱,与计算谷叶比值的叶片的取样标准有关。我们以剑叶面积、顶2叶(剑叶+倒2叶,以此类推),顶3叶、顶4叶和倒2叶面积,分别以穗粒重计算的谷叶比值与产量进行相关分析,其相关系数分别为:剑叶0.3495;顶2叶0.8755;顶3叶0.9782;顶4叶0.9944;倒2叶0.9681。以剑叶面积计算的谷叶比值与产量的相关系数最低,顶4叶的最高。我们选取顶4叶面积(即单茎叶面积)计算的谷叶比值作为估算模式的参数,除了它与产量水平的相关性最强外,还考虑到保持个体和群体的统一性。因为群体叶面积指数是顶4叶构成的,所以个体的谷叶比值也必须由顶4叶的面积计算,如果计算谷叶比值的叶片的取样标准和构成群体叶面积的叶位叶和叶片数目不统一,则此产量估算模式就不能成立。

3. 应用谷叶比值估算品种的产量水平,在育种的早期阶段对产量进行预测,使早期产量性状的定性选择初步达到定量选择的程度。即使在高代品系的产量鉴定和品种产量比较试验中,应用该模式估算产量水平,不仅可以使试验规模减小,还可以减小由于群体大小的差异引起的试验误差。

4. 任正隆(1983)曾指出,小麦的谷叶比是个遗传性状,有极显著的加性效应存在。说明谷叶比值在杂种的早代选择是有效的。

## 五、结 论

1. 通过不同类型的春小麦品种和不同地区的密度试验证明,在高肥条件下,尽管品种间和地区间的最适苗数、穗数差异较大,但由茎生顶部4片叶构成的最适叶面积指数却相同,平均为6左右( $5.87 \pm 0.15$ )。

2. 茎生叶片面积与最适穗数呈极显著负相关。单茎叶面积(顶4叶)大的品种,最适穗数则少,反之则多。株高与最适穗数之间并无必然的联系。

3. 单株穗数、单株粒重、最适穗数,穗粒数、穗粒重和千粒重等产量性状或产量构成因素与产量水平之间的相关性均不显著。只有谷叶比值与产量水平之间为极显著正相关( $r = 0.9944$ )。在适宜的群体条件下,谷叶比值是产量的决定因素。

4. 以谷叶比值和最适叶面积指数为基本参数制订的春小麦品种产量水平的估算模式,能够以个体植株或少量样本植株的谷叶比值预测其适宜群体条件下的产量水平。该模式可在春小麦育种的早期阶段对产量进行预测,并根据育种目标进行定量选择。

## 参 考 文 献

- 任正隆,1983,小麦的叶面积、穗粒重和谷叶比的基因效应,作物学报,9(3): 195—198。  
菲律宾国际水稻所,1975,水稻叶面积指数与干物生产和稻谷产量的关系,农学文摘,(3): 8。  
常耀中,1981,大豆高产栽培的叶面积问题,中国农业科学,(2): 22—26。  
盛承师,1986,小麦冠层形态结构与籽粒产量的关系(一),麦类作物,(4): 20—23。  
程大志、陈集贤、马晓明、郁海、葛菊梅,1985,柴达木盆地高额丰产麦田的群体特点及其形成,高原生物学集刊,(4): 141—152。  
Austin, R. B., J. Bingham 等(郭二男、王才林、潘增译),1983,本世纪以来英国冬小麦产量的遗传改进及其生理变化,麦类作物,(3): 7—9。

## STUDY ON THE ESTIMATING MODEL OF THE YIELD LEVEL OF SPRING WHEAT VARIETIES

Gao Hechen

*(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)*

Under the high fertility condition, there were greater differences in optimum number of seedlings and spikes of different spring wheat varieties and in different planting regions. But it was shown that the optimum leaf area index (LAI) consisting of the stem tiptop 4 leaves was of the same, being about 6 ( $5.87 \pm 0.15$ ). There was a highly significant correlation between the rate of grain:leaf area ( $G$ ) and the yield ( $r = 0.9944$ ). Using the optimum LAI and the  $G$ , the estimating model of yield level of varieties was established ( $Y = \frac{G}{1 - 0.084x} \times 2$ ). Then we could estimate the yield level of the varieties on the optimum population condition according to the  $G$  and the LAI ( $X$ ) in different populations. The estimating values tallied with the practical experimental ones.