

春小麦高产理想型的研究

肖瑜 黄相国

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘 要

本文采用数量化理论通过分析春小麦主要形态特征与经济产量的关系, 得出了春小麦高产的理论最佳理想型, 其中大部分结果与实验得出的结论一致。经分析认为, 当理想型理论应用于实践时, 会产生许多适合于不同环境条件的地区性理想型, 即多元理想型。本文还探讨了品种的生产潜力评价、影响产量的主要形态特征和该研究在实践中的应用等问题。

关键词: 经济产量; 形态特征; 理想型; 数量化理论 I

在农作物育种和高产的研究中, 实践早已超过理论。在这门实践性很强的学科中, 通过几十年的努力, 已使农作物的产量大幅度提高。据报道, 品种改良在小麦增产的因素中占60% (Silvey, 1978)。但是, 在以往的小麦育种工作中, 获得高产品种的机会取决于育种者经验丰富的程度。自从作物理想型的概念提出之后 (Donald, 1962; 1968; 1969), 对于确定育种目标, 选取优良品种具有一定参考价值 (中国农业科学院主编, 1987), 按照理想型的设计在某些作物的高产育种中已获得成功 (Jennings, 1974)。某些育种家甚至认为, 理想型育种“是未来提高作物生产力基因型”的三大研究领域之一 (Frey, 1975)。作者在近年的工作中发现, 虽然理想型对确定育种目标有很大帮助, 但还存在一些问题。例如, 由于这一概念的局限性, “一种作物一种模式”的理想型 (Donald, 1968), 在变化复杂的自然环境条件下一般表现无效。为此, 我们通过对某些已育成的春小麦品种进行客观性研究后发现, 春小麦的形态特征对产量有极大的影响, 本文旨在找出这些形态特征的最优组合并定量评价其对产量的影响程度, 这样不仅可以丰富和完善理想型育种的内容, 而且为培育高产优质的春小麦品种奠定理论与技术基础。

一、研究方法

根据品种志 (青海省农林科学院, 1983; 甘肃省农业科学院粮食作物研究所¹⁾, 1989) 的记载取得春小麦品种的一般性形态特征描述及其对应的籽粒产量。最后选出96个品种共100个样本进行分析。品种形态特征因素的选取, 形态特征与经济产量的相关性分析, 相关显著性检验, 品种潜力评价等均采用前文的方法进行 (肖瑜等, 1992)。

工作中得到邵海同志的帮助, 特此致谢。

本文1991年元月15日收到。

1) 甘肃省农业科学院粮食作物研究所, 1989, 甘肃小麦品种志, 内部发行。

二、结果与分析

通过计算得到如下春小麦产量与主要形态特征之间关系的综合数学模型：

$$\begin{aligned} Y_i = & 292.09 + 34.98\delta_{i(1, 2)} + 81.42\delta_{i(2, 2)} + 2.39\delta_{i(2, 3)} - 7.59\delta_{i(3, 2)} - 22.21\delta_{i(3, 3)} \\ & + 115.93\delta_{i(4, 2)} - 8.92\delta_{i(5, 2)} - 4.74\delta_{i(5, 3)} + 35.52\delta_{i(6, 2)} + 43.88\delta_{i(6, 3)} \\ & - 57.46\delta_{i(7, 2)} - 23.25\delta_{i(7, 3)} - 25.66\delta_{i(8, 2)} - 41.73\delta_{i(8, 3)} - 94.62\delta_{i(9, 2)} \\ & - 3.36\delta_{i(9, 3)} - 23.88\delta_{i(10, 2)} - 81.28\delta_{i(10, 3)} - 51.18\delta_{i(10, 4)} - 125.77\delta_{i(10, 5)} \\ & - 6.43\delta_{i(11, 2)} + 22.63\delta_{i(11, 3)} + 40.53\delta_{i(12, 2)} + 21.01\delta_{i(12, 3)} + 23.34\delta_{i(13, 2)} \\ & - 30.69\delta_{i(13, 3)} - 55.45\delta_{i(14, 2)} - 15.50\delta_{i(14, 3)} - 0.02\delta_{i(14, 4)} + 32.40\delta_{i(15, 2)} \\ & - 37.09\delta_{i(15, 3)} - 1.30\delta_{i(16, 2)} + 59.83\delta_{i(17, 2)} - 8.57\delta_{i(18, 2)} - 26.48\delta_{i(18, 3)} \\ & - 64.21\delta_{i(18, 4)} - 31.45\delta_{i(19, 2)} + 0.91\delta_{i(19, 3)} - 32.66\delta_{i(20, 2)} - 16.37\delta_{i(20, 3)} \\ & - 14.84\delta_{i(20, 4)} - 23.40\delta_{i(21, 2)} + 1.18\delta_{i(21, 3)} + 63.40\delta_{i(22, 2)} + 15.57\delta_{i(23, 2)} \\ & + 35.19\delta_{i(23, 3)} + 15.19\delta_{i(24, 2)} + 16.56\delta_{i(25, 2)} + 8.42\delta_{i(25, 3)} + 64.56\delta_{i(25, 4)} \\ & + 47.89\delta_{i(25, 5)} + 237.13\delta_{i(25, 6)} \end{aligned}$$

复相关系数 $R=0.926$ ，检验结果表明，这一方程相关达极显著程度，在95%的概率水准下相对预测精度为94.7%，实践中具有一定使用价值。

比较包括和不包括千粒重因素在内的数学模型（表1），可以发现它们有一定差别，复相关系数等指标也不同。千粒重做为一种经济性状，在主要讨论形态特征时，因其与形态指标（特别是穗部特征）有较密切关系，摒弃这一因素会对结果产生一定偏差并丧失大量信息，所以我们也选取它做为一个分析项目，事实证明这一选择是正确的。表1同时列出各分析项目的得分范围，它表示某一项目对产量的贡献大小，即作用与影响的程度。通过分析有25个项目参与拟合的数学模型中各项目得分值和具体表现，得出如下结论：

1. 按各项目得分范围从高到低的排列顺序，可得各项目对春小麦产量影响的因素递减序列：千粒重，株高，幼苗绒毛，株型，幼苗习性，芒长，护颖形状，籽粒色泽，颖壳茸毛，旗叶宽度，穗形，旗叶长度，叶相，每穗小穗数，籽粒饱满度，芽鞘颜色，颖肩形状，颖嘴形状，每穗粒数，籽粒形状，穗长，苗色，腹沟，叶色，颖壳颜色。位置愈前的项目，对产量的贡献率愈高。

2. 采用数量化方法得出的春小麦形态特征与产量之间关系的数学模型，对于估测或决定小麦外部形态改进后产量的增加潜力及高产品种应具有的最佳理想株型有较大的意义。通过对数学模型中各参数值的分析，得出如下形态特征的组合是目前品种条件下春小麦高产品种的理论最佳理想型：

芽鞘微红，幼苗匍匐，苗色深绿，无绒毛，叶色深绿，旗叶长度25厘米以上，宽度约1.0厘米，叶相挺直，株型紧凑，株高约80厘米，穗长10厘米以上，每穗小穗数16—20，每穗粒数40以上，穗纺锤形，短芒，颖壳白色，无茸毛，护颖长圆形，颖嘴鸟嘴形，无肩，籽粒卵圆形，白色，瘪瘦，腹沟浅，千粒重55克以上。符合上述形态特征的春小麦品种其产量可达1107.4公斤/亩，比目前品种的平均产量水平（100个样本的平均值为338.1公斤/亩）高3倍以上。

经分析我们研究的品种，除产量最高的品种高原338（760公斤/亩）的形态特征有13个项目相符外，其余的品种形态与理论最佳理想型相符合的项目都不及总项目数的一

表 1 类目得分表

Table 1 Scores of each category

项 目 Item	类 目 Category	X ₂₄		X ₂₅	
		得分 Score	得分范围 Range	得分 Score	得分范围 Range
芽鞘颜色 Color of bud sheath	绿 Green C ₁₁	0.00		0.00	
	微红 Red slightly C ₁₂	42.38	42.38	34.98	34.98
幼苗习性 Seedling habit	直立 Erect C ₂₁	0.00		0.00	
	匍匐 Prostrate C ₂₂	74.00	75.09	81.42	81.42
	半匍匐 Semiprostrate C ₂₃	-1.09		2.39	
苗色 Seedling color	深绿 Dark green C ₃₁	0.00		0.00	
	绿 Green C ₃₂	-7.00	36.51	-7.59	22.21
	浅绿 Light green C ₃₃	-36.51		-22.21	
幼苗绒毛 Seedling downiness	有 Poss. C ₄₁	0.00		0.00	
	无 None C ₄₂	128.52	128.52	115.93	115.93
叶色 Leaf color	深绿 Dark green C ₅₁	0.00		0.00	
	绿 Green C ₅₂	-19.02	37.33	-8.92	8.92
	浅绿 Light green C ₅₃	18.31		-4.74	
旗叶长度(厘米) Flag leaf length(cm)	<15 C ₆₁	0.00		0.00	
	15—25 C ₆₂	72.70	72.70	35.52	43.88
	>25 C ₆₃	66.11		43.88	
旗叶宽度(厘米) Flag leaf width(cm)	<1.0 C ₇₁	0.00		0.00	
	1.0—2.0 C ₇₂	-63.97	63.97	-57.46	57.46
	>2.0 C ₇₃	-11.92		-23.25	
叶相 Leaf aspect	挺直 Erect C ₈₁	0.00		0.00	
	下披 Hanging C ₈₂	0.62	44.36	-25.66	41.73
	中间 Middle C ₈₃	-43.74		-41.73	
株型 Plant type	紧凑 Compact C ₉₁	0.00		0.00	
	松散 Loose C ₉₂	-113.38	113.38	-94.62	94.62
	中等 Middle C ₉₃	-2.22		-3.36	
株高(厘米) Height(cm)	≤80 C ₁₀₁	0.00		0.00	
	80.1—90 C ₁₀₂	-56.60		-23.88	
	90.1—100 C ₁₀₃	-115.94	164.54	-81.28	125.77
	100.1—110 C ₁₀₄	-94.34		-51.18	
	>110 C ₁₀₅	-164.54		-125.77	
穗长(厘米) Ear length (cm)	<8 C ₁₁₁	0.00		0.00	
	8.1—10 C ₁₁₂	2.68	29.21	6.43	22.63
	>10 C ₁₁₃	29.21		22.63	
每穗小穗数 No. of spikelets per spike	<16 C ₁₂₁	0.00		0.00	
	16—20 C ₁₂₂	50.45	50.45	40.53	40.53
	>20 C ₁₂₃	32.58		21.01	

项 目 Item	类 目 Category	X ₂₄		X ₂₅	
		得分 Score	得分范围 Range	得分 Score	得分范围 Range
每穗粒数 No. of kernels per spike	<30 C ₁₃₁	0.00		0.00	
	30—40 C ₁₃₂	45.70	45.70	23.34	30.69
	>40 C ₁₃₃	30.22		30.69	
穗形 Ear type	纺锤形 Fusiform C ₁₄₁	0.00		0.00	
	棍棒形 Clavate C ₁₄₂	-79.86	106.20	-55.45	55.45
	长方形 Rectangular C ₁₄₃	-9.79		-15.50	
	椭圆形 Elliptic C ₁₄₄	26.34		-0.02	
芒长 Awn length	无芒 None C ₁₅₁	0.00		0.00	
	短芒 Short C ₁₅₂	67.15	99.72	32.40	69.49
	长芒 Long C ₁₅₃	-32.57		-37.09	
颖壳颜色 Glume color	白 White C ₁₆₁	0.00	8.74	0.00	1.30
	红 Red C ₁₆₂	-8.74		-1.30	
颖壳茸毛 Glume downiness	有 Poss. C ₁₇₁	0.00		0.00	
	无 None C ₁₇₂	11.79	11.79	59.83	59.83
护颖形状 Glume type	长圆形 Oblong C ₁₈₁	0.00		0.00	
	椭圆形 Elliptic C ₁₈₂	1.61	50.41	-8.57	64.21
	卵圆形 Ovate C ₁₈₃	-19.63		-26.48	
	长方形 Rectangular C ₁₈₄	-48.80		-64.21	
颖嘴形状 Glume mouth type	钝形 Obtuse C ₁₉₁	0.00		0.00	
	锐形 Acute C ₁₉₂	-14.00	42.35	-31.45	32.36
	鸟嘴形 Beaklike C ₁₉₃	28.35		0.91	
颖肩形状 Glume shoulder type	无肩 None C ₂₀₁	0.00		0.00	
	斜肩 Oblique C ₂₀₂	-48.54	73.34	-32.66	32.66
	方肩 Square C ₂₀₃	-61.43		-16.37	
籽粒形状 Seed type	丘肩 Moundlike C ₂₀₄	-73.34		-14.84	
	卵圆形 Ovate C ₂₁₁	0.00		0.00	
	长圆形 Oblong C ₂₁₂	-32.09	32.09	-23.40	24.58
籽粒色泽 Seed color	椭圆形 Elliptic C ₂₁₃	-9.71		1.18	
	红(浅红) Red or light red C ₂₂₁	0.00	62.17	0.00	63.40
	白(黄) White or yellow C ₂₂₂	62.17		63.40	
籽粒饱满度 Seed plumpness	饱满 Plump C ₂₃₁	0.00		0.00	
	中等 Middle C ₂₃₂	16.82	22.12	15.57	35.19
	瘪瘦 Shrunken C ₂₃₃	22.12		35.19	
腹沟 Furrow	深 Deep C ₂₄₁	0.00	33.47	0.00	15.19
	浅 Shallow C ₂₄₂	-33.47		15.19	

项 目 Item	类 目 Category	X ₂₄		X ₂₅	
		得分 Score	得分范围 Range	得分 Score	得分范围 Range
1000 Grain weight	≤35.0 C ₂₅₁			0.00	237.13
	35.1—40 C ₂₅₂			16.56	
	40.1—45 C ₂₅₃			8.42	
	45.1—50 C ₂₅₄			64.56	
	50.1—55 C ₂₅₅			47.89	
	>55 C ₂₅₆			237.13	
	C ₀		391.52		292.09
	R	0.888		0.926	
	F	4.13 >		5.43 >	
		F _{0.01} =1.94		F _{0.01} =1.97	

注 (Note): X₂₄——不包括千粒重 (Exclusive of 1000 grain weight)

X₂₅——包括千粒重 (Inclusive of 1000 grain weight)

半。由此可见,按照确立的理想型通过选择性育种改进株型,对于培育高产春小麦品种并提高其生产水平有很大的潜力。但是,选育完全符合上述理想型的春小麦品种极难做到,而且有些特征也不符合生产需要。为此,以理想型为部分依据,根据育种家的经验和掌握的亲本材料抓住主要形态特征进行选择育种,也可极大提高目前品种的产量水平和生产能力。例如,在其它形态特征保持不变时,只要使培育的春小麦品种形态特征符合得分范围占前3位项目中类目得分的最高值,该品种的产量最低也可达到174.7公斤/亩;若与得分范围占前5位的项目中类目得分最高值相符,产量最低可达到350.7公斤/亩;若与前10位的类目得分最高值相符,产量最低可达到665.1公斤/亩。这是因为得分范围占前3、5、10位的项目是影响产量的主要因素,它们对产量的累积贡献率分别为33.9%,46.4%和68.7% (得分范围前10位项目中的类目得分最高值分别为千粒重55克以上,株高约80厘米,幼苗无绒毛,株型紧凑,幼苗匍匐,短芒,护颖长圆形,籽粒白色,颖壳无茸毛,旗叶宽度约1.0厘米)。从此也可看出,非数量化因素对产量的影响也是很大的,其中对某些因素以前曾做过大量研究并证实了其重要性,但有些未被研究过的非数量化因素对产量的影响也不容忽视。限于本文篇幅,这里就不详细讨论各因素了,表1的结果能表明它们之间的部分内在联系。同时,参照表1根据不同育种目标选择对产量影响较大的形态因素进行优化组合,对工作会有较大帮助,但和产量有比较密切关系的某些项目中,类目负效应较显著者不应选入育种的组合中,以免极大降低产量。

3. 上文所描述的春小麦高产的理论最佳理想型,是取各项中类目得分最高值综合而成的。由于多元分析暨本方法所具有的特点,不可能把全部因素的重要性都考虑得非常完善。由于受重要因素的制约,非主导性因素与因变量的关系有时会表现出相反的结果,这在多元分析中也是比较常见的;其次某些因素间的多重共线性关系也会产生影响。在表1的模型中,旗叶宽度和籽粒饱满度这2个项目的类目得分最高值分别为旗叶宽度约1.0厘米和籽粒瘪瘦,这与生产实际需要显然不符。不过这2个项目对产量的共

同作用总和仅占总贡献率的6.6%，模型关于大多数项目对产量贡献的评价还是正确的，结果也比较令人满意。但是，部分结果和生产实际有一定矛盾，目前尚无法解释，今后对此有必要进行深入的分析研究，作出修正，使结果更趋于完善。

本文采用的数学方法仅是客观地分析各形态特征对产量的影响程度，并根据类目得分最高值建立理论最佳理想型。但实际上，理想型仅是对表现型的一般性描述，工作中还须与育种经验相结合，正如 Donald (1968) 所言：“对理想型的确定程度取决于设计者的判断力。”

许多研究表明，近几十年来小麦产量的提高是由于收获部分分配率增加的结果（乌山国土，1980；Evans, 1981；Fischer, 1977），这在本文中也得到证实。我们收集的品种资料中，最早的品种在二十、三十年代就已用于生产，最晚的在八十年代末用于生产，包括水地、旱地等不同生态类型区的多类品种；因此，分析结果也部分的反映出品种的演变趋势。株高从80厘米左右向上，每增高10厘米产量平均降低31.4公斤/亩；千粒重从35克左右向上，每增大5克产量平均增加47.4公斤/亩。这与小麦产量随株高降低而增加，随千粒重增大而增加的研究结果一致（程大志等，1979；de Wit, 1977；Riley, 1981）。另外，具芒小麦品种产量较无芒品种高（Bingham, 1972；Evans等，1972；Grundbacher, 1963），也与表1结果一致，但芒的长短对产量的影响却未见报道。本文计算结果表明，短芒品种比无芒品种平均增产32.4公斤/亩，长芒品种比无芒品种平均减产37.1公斤/亩。后一点是否与实际情况相符，今后还须做进一步的研究。除此之外，叶相挺直、株型紧凑的计算结果也与许多的研究结论一致（Bingham, 1972；Evans等，1976；Wittwer, 1980）。还有一部分非数量化的形态特征，其对产量的影响从未见报道，作者在此列出，仅供参考，今后需要在实践中验证。

4. 需要指出，本文分析的春小麦25个主要形态特征的组合总数多达587 731 230 700个，讨论的理论最佳理想型也只是其组合总数中的一个。即使是得分范围占前10位的项目，组合总数也达77 760个。在所有这些组合中，能极大提高春小麦产量的组合也为数不少。根据育种目标和春小麦对不同环境条件的适应机制，育种家可以按表1选择不同形态特征的组合以在特定环境下达到该地区的高产。

Donald (1968, 1981) 认为，在设计作物理想型时应具备4个前提条件，其中之一是环境不能成为水分和养分的限制因素，在这些前提条件下，他设计了3种作物系统的理想株型（Donald等，1976）。我们对甘、青两省在差异较大的自然环境条件下种植的近百个特性各异的春小麦品种进行分析后发现，环境限制确实给春小麦的产量带来很大影响，但它的作用同时也在小麦的形态特征中体现出来。可以认为，植物的形态特征是对环境复合体的综合反应和体现，是随环境梯度按比例增减的缩影（Goodall, 1954），是对环境压力趋于附合的结果（Lieth等，1985）。另外，经作者验证，许多不同形态特征组合的春小麦品种其产量却基本一致。初步分析结果表明，产生上述结果可能有两方面原因：（1）植物的形态特征受到基因型控制（Wallace等，1972），因此形态特征之间具有一定的补偿效应，通过这一效应产生许多形态特征不同但产量却基本一致的组合；（2）环境的深刻影响。在特定条件下设计的理想株型，当环境条件改变时，产量可能会低于适应于某一环境的品种。因此，作者认为，每种作物的理想型不是单一而应是多元的（即多元理想型）；植物在不受环境条件限制下的理论最佳理想

型只有1个；在不同生态环境地区会产生适应这一地区环境特点的地区性理想型，在该地区可望取得当地最高产量；当所有限制植物产量的内部和外部因素消除时（或品种间和地区间差异缩小时），所有地区性理想型会极大的趋向于该种植物的理论最佳理想型。根据表1提供的结果，完全有可能选择出适应于不同环境条件的春小麦高产理想型。对此，作者将另文专述，此处不再赘言。

5. 如果将春小麦理想型状态下的最高产量1107.4公斤/亩做为目前品种可望达到的产量上限，并将其4等分，依次可得出某一品种具有特定形态特征组合时的产量水平，最终可以了解该品种在不同地区的产量等级（表2）。根据划定的理论等级并参照研究的所有品种，可以知道除某些品种的产量处于良和差水平之外，大多数品种的产量水平都是中等的。目前若以中等产量以上做为春小麦的育种目标，那么按表1提供的组合方式高产形态特征组合出现的概率约为2/5。结果表明，通过选择性育种改进株型提高产量是有很大潜力的，但若培育出与地区性理想型相符合的春小麦品种，也需要一个相当长的时间过程。

表2 春小麦产量水平的评价

Table 2 Evaluation of grain yield level in spring wheat

等级 Class	产量水平 (公斤/亩) Grain yield (kg/mu)	评价标准 Evaluation criterion
I	830.4—1107.4	优 Excellent
II	553.3—830.3	良 Good
III	276.2—553.2	中 Average
IV	≤276.1	差 Poor

三、讨 论

产量历来被认为是受定量遗传控制的性状，但这种控制是间接的，即通过间接控制生理因素而影响产量（Wallace等，1972）。当这些复杂的遗传、生理、生化现象尚未被人们充分认识时，研究这些过程在作物外部形态特征上的体现，无疑是一个简便的通过分析形态特征而达到提高作物产量的途径。康斯坦丁诺夫把影响作物产量形成的基本条件分为4个方面，即生物组、气象组、土壤肥力组和农业技术组（刘树泽等，1987）。本文仅是对生物组品种部分生产潜力的分析，未考虑其它部分，如春小麦生长的各种群体指标。这些指标与品种特性及地区性环境条件有较密切关系，而且还受栽培措施等的影响，在一定程度上也与春小麦单株的生长表现（包括形态特征的反映）有联系。因此，本文设计的理想型也以密植为前提条件（Donald, 1968; 1981），对此今后有必要在工作中进一步完善。

Evans(1973)估计世界小麦的产量上界为20吨/公顷。本文结果表明，在当前品种的生产性能条件下，春小麦的最高产量约为16.6吨/公顷，目前有记载的春小麦高产记录为其91.5%（程大志等，1979）。因为本文的分析未直接考虑限制作物物质生产的环境

因素, 而仅以春小麦理论最佳理想型的产量为基础, 所以这一估测的正确与否, 有待今后验证。

综合上述分析, 本文的研究结果可在以下两方面得到应用:

1. 估测春小麦品种的产量潜力; 做为选种目标、亲本选配、杂交后代选择和丰富品种资源的理论与技术基础。

2. 预测春小麦品种(系)的经济产量。

本文通过对春小麦形态特征和产量之间的关系进行分析得到的某些结果, 由于受客观条件的限制和未考虑因素的影响, 错舛难免, 得出的结论也有待在实际中检验。

参 考 文 献

- 中国农业科学院, 1987, 农业新技术革命: 生物工程、电子计算机、遥感等技术在农业上的应用, 农业出版社, 519—548.
- 鸟山国土, 1980, 高产品种与产量上限, 国外农业科技, (5): 1—6.
- 刘树泽、张宏铭、蓝鸿第, 1987, 作物产量预报方法, 气象出版社, 11—30.
- 肖瑜、黄相国、陈集贤, 1992, 春小麦形态与籽粒赖氨酸含量的关系, 高原生物学集刊, (11): 163—170.
- 青海省农林科学院, 1983, 青海省农作物品种志, 青海人民出版社.
- 程大志、鲍新奎、陈政, 1979, 柴达木盆地春小麦高额丰产形态生理指标的初步探讨, 中国农业科学, 12(2): 29—39.
- H. Lieth和R. H. Whittaker主编, 1985, 生物圈的第一性生产力, 科学出版社, 264—283.
- Bingham, J., 1972, Physiological objectives in breeding for grain yield in wheat, 15—29, In "The Way ahead in Plant Breeding; Proceedings of the Sixth Congress of EUCARPIA", Bartholomew Press, Dorking.
- de Wit, J. M. J., 1977, Increasing cereal yields: evolution under domestication, 111—118, In "Crop Resources" (Eds. D. S. Seigler), Academic Press, New York.
- Donald, C. M., 1962, In search of yield, *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, 28: 171—178.
- Donald, C. M., 1968, The breeding of crop ideotypes, *Euphytica*, 17: 385—403.
- Donald, C. M., 1969, The design of a wheat ideotype, 377—387, In "Proc. 3rd Int. Wheat Genet. Symp., Canberra, Aust. Acad. Sci.", Canberra.
- Donald, C. M., 1981, Competitive plants, communal plants, and yield in wheat crops, 223—247, In "Wheat Science: Today and Tomorrow" (Eds. L. T. Evans and W. J. Peacock), Cambridge University Press, Cambridge.
- Donald, C. M. and Hamblin, J., 1976, The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria, *Adv. Agronomy*, 28: 361—405.
- Evans, L. T., 1973, The effect of light on plant growth, development, and yield, 21—35, In "Plant Response to Climatic Factors" (Ed. R. O. Slatyer).
- Evans, L. T., 1981, Yield improvement in wheat, empirical or analytical, 202—222, In "Wheat Science: Today and Tomorrow" (Eds. L. T. Evans and W. J. Peacock), Cambridge University Press, Cambridge.
- Evans, L. T. and Wardlaw, I. F., 1976, Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals, *Adv. Agronomy*, 28: 301—359.
- Evans, L. T., Bingham, J., Jackson, P. J. and Sutherland, J., 1972, Effects of awns and drought on the supply of photosynthate and its distribution within wheat ears, *Ann. Appl. Biol.*, 70: 67—76.
- Fischer, R. A., 1977, The physiology of yield improvement: past and future, In "Plant Breeding Papers: 3rd International Congress of the Society for the Advancement of Breeding Researches in Asia and Oceania", 3(a): 1—13.
- Frey, K. J., 1975, Plant breeding, 137—165, In "Proceedings and Minutes: twenty-fourth annual meeting of the Agricultural Research Institute", Washington.
- Goodall, D. W., 1954, Objective methods for the classification of vegetation, III. An essay in the use of factor analysis, *Aust. J. Bot.*, 2: 304—324.
- Grundbacher, F. J., 1963, The physiological function of the cereal awn, *Bot. Rev.*, 29: 366—381.
- Jennings, P. R., 1974, Rice breeding and world food production, *Science*, 186: 1085—1088.

- Riley, R., 1981, Plant breeding, 115—137, In "Agricultural Research: 1931—1981" (Ed. G. W. Cooke), Agricultural Research Council, London.
- Silvey, V., 1978, The contribution of new varieties in increasing yield in England and Wales, *J. Nat. Inst. Agric. Bot.*, 14: 367—384.
- Wallace, D. H., Ozbun, J. L. and Munger, H. M., 1972, Physiological genetics of crop yield, *Adv. Agronomy*, 24: 97—146.
- Wittwer, S. H., 1980, The shape of things to come, 413—459, In "The Biology of Crop Productivity" (Ed. P. S. Carlson), Academic Press, New York.

IDEOTYPE OF HIGH YIELDS IN SPRING WHEAT

Xiao Yu and Huang Xiangguo

(Northwest Plateau Institute of Biology,
The Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001)

The quantification theory I was used, in this paper, to analyze the relationship between grain yields and morphologies of spring wheat. After examining the mathematical model carefully, the theoretically best ideotype of high yields of spring wheat was proposed, and the results showed that the relationship of grain yields to morphological characters studied in the paper was in accord with that in field experimental research. The maximum grain yield estimated from the model was about 1107.4 kg/mu (16.6 t/ha). The authors suggested after investigating the yields of about 100 varieties in different eco-environmental conditions that, when ideotype theory was intended to use in the practice, there might be many ideotypes (i.e. poly-ideotypes) each of which was pertinent to different environmental conditions opposite to the classical one-ideotype theory of "one for each crop". In addition, the paper discussed the production potential of varieties and major morphological characters affecting grain yield. The results would be utilized in practice in the following 2 aspects: (1) estimating the potential production of spring wheat varieties, serving as the theoretical and technical foundations of breeding objectives, parental selection, cross progeny selection and multiplication of variety resources; (2) predicting the grain yield of spring wheat varieties (lines).

Key words: Economic yield; Morphology; Ideotype; Quantification theory I