

# 黄淮冬麦区超高产小麦品种的产量结构模式研究

崔党群<sup>1</sup>, 张娟<sup>1</sup>, 闻捷<sup>1</sup>, 王俊振<sup>2</sup>

(1. 河南农业大学, 河南 郑州 450002; 2. 商丘农业学校, 河南 商丘 476100)

**摘要:** 采用相关和回归分析, 研究了黄淮冬麦区超高产小麦品种的产量结构及其相互间的关系。结果表明: 多穗型品种要实现超高产必须三要素协调, 在保证足够穗数的前提下, 提高穗粒数和千粒重, 其最佳产量结构为穗数  $6.806 \times 10^6$  穗/hm<sup>2</sup> 左右, 穗粒数 38.16 粒左右, 千粒重 40.34 g 左右; 大穗型品种实现超高产的关键是提高穗粒数和千粒重, 其最佳产量结构为穗数  $4.676 \times 10^6$  穗/hm<sup>2</sup> 左右, 穗粒数 49.73 粒左右, 千粒重 49.38 g 左右。

**关键词:** 小麦; 超高产; 产量; 产量构成; 品种选育

中图分类号: S512 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2001)04-0001-05

黄淮冬麦区是我国最大的麦区, 其播种面积和总产分别占我国小麦播种面积的 43% 和 48%。这一麦区产量的高低对我国农业生产、经济建设和人民生活均有重要影响。20 世纪 90 年代, 这一麦区开始探索超高产小麦品种的选育, 最近几年相继育成了一批具有 9 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上产量潜力的超高产小麦品种(系), 但是育种的具体目标尚不够明确, 因而育种效率低, 带有较大的盲目性。为此, 作者试图探讨黄淮冬麦区超高产小麦品种的产量结构及其相互间的关系和影响因子, 为该麦区选育超高产小麦新品种提供参考。

## 1 材料和方法

目前, 小麦产量达到超高产的实例还不多。作者搜集了《作物学报》、河南省小麦研究会第五次学术研讨会和于振文主编的《冬小麦超高产栽培》一书等所报道的和作者在小麦超高产性状研究中所获得的超高产实例共 49 例<sup>[1~9]</sup>, 其中多穗型品种 36 例, 涉及豫麦 49 号等 12 个品种(系), 大穗型 13 例, 涉及鲁麦 22 等 5 个品种(系)。

田间试验于 1998~1999 年在河南农业大学郑州科教试验园区进行。选用产量潜力在 7 500~9 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上的豫麦 41 号、豫农 91009、豫麦 49 号、豫麦 52 号、豫麦 51 号、石 90-4185、豫麦 54 号、豫麦 62 号、豫农 86、豫农 118、周麦 13 号、豫麦 21 号、豫麦 55 号、豫麦 18 号、豫麦 63 号、鲁 8802、93 中 6、兰考 3 号、兰考 6 号、86(79)-128 等 20 个品种(系), 随机区组设计, 4 次重复, 6 行区, 行长 5 m, 行距 20 cm。试验地肥力水平较高, 田间管理按超高产栽培进行。

收稿日期: 2001-04-04

基金项目: 国家“九五”攻关项目“小麦超高产亲本材料创新与超高产性状研究”的一部分(96-002-02-03-01)

作者简介: 崔党群(1953-), 男, 硕士, 教授, 主要从事小麦遗传育种研究工作。

在灌浆初期的5月8日,每小区随机选定10个茎,测定冠层结构;5月19日用美国产CI301-PS便携式光合测定仪测定旗叶光合特性;收获前调查群体穗数;收获时避开边行和行端,每小区随机连续收获10株,室内考种;然后按小区收获计产。先后考察了小区产量、群体穗数、穗粒数、千粒重、株穗数、结实小穗数、单株干物重、穗长、株高、光合速率、蒸腾速率、气孔导度、细胞间CO<sub>2</sub>浓度,还有倒一、二、三叶的叶长、叶宽、叶基角、开张角、叶鞘长和倒一、二、三与基部第一、二、三节间的节间长、茎粗、茎壁厚共46个性状。各性状均取其平均值进行统计分析。

2 结果与分析

穗数、穗粒数和千粒重是小麦产量的构成因素,三者协调对提高产量具有十分重要的作用。依据穗数的大小和多少,庄巧生等<sup>[12]</sup>将高产小麦品种分为多穗型、大穗型和中间型三类,并认为多穗型品种穗数一般在 $7.5 \times 10^6$ 穗/hm<sup>2</sup>以上,每穗25~30粒,千粒重36~40 g;中间型品种穗数一般在 $5.55 \times 10^6 \sim 6.00 \times 10^6$ 穗/hm<sup>2</sup>,每穗37~40粒,千粒重40 g以上;大穗型品种穗数一般在 $4.20 \times 10^6 \sim 5.25 \times 10^6$ 穗/hm<sup>2</sup>,穗粒重1.3~1.6 g。目前黄淮冬麦区选育的具有超高产潜力的小麦品种主要是多穗型和大穗型两种,中间型较少。作者认为,根据黄淮冬麦区的自然生态条件和育种实践,多穗型品种穗数一般在 $6.75 \times 10^6$ 穗/hm<sup>2</sup>以上,中间型品种穗数一般在 $5.25 \times 10^6$ 穗/hm<sup>2</sup>左右,大穗型品种穗数一般在 $4.50 \times 10^6$ 穗/hm<sup>2</sup>左右。

2.1 产量与产量构成因素的相关分析

从表1可以看出,在多穗型品种中,三个产量构成因素与产量的简单相关系数均不显著,且三者之间的简单相关也不显著。但三者对产量的直接通径系数均达显著,而其间差异不显著;间接通径系数都为负,且绝对值较小。可见,在超高产条件下的多穗型品种,各产量构成因素对产量的直接作用起主导作用,其作用秩序为穗数>千粒重>穗粒数,多穗型品种要实现超高产必须三要素协调,在保证足够穗数的前提下,提高穗粒数和千粒重。

表1 产量与产量构成因素的相关和通径分析

	多穗型品种				大穗型品种			
	$X_1 \rightarrow Y$	$X_2 \rightarrow Y$	$X_3 \rightarrow Y$	$r_{iY}$	$X_1 \rightarrow Y$	$X_2 \rightarrow Y$	$X_3 \rightarrow Y$	$r_{iY}$
群体穗数( $X_1$ ) $\rightarrow$	0.461*	-0.163	0.107	0.191	0.021	-0.353	0.060	-0.273
穗粒数( $X_2$ ) $\rightarrow$	-0.190	0.397*	-0.064	0.143	-0.005	1.383*	-1.258	0.120
千粒重( $X_3$ ) $\rightarrow$	-0.113	-0.058	0.436*	0.265	0.001	-1.232	1.412*	0.181

注:①表中Y表示每公顷产量,r<sub>iY</sub>为各产量构成因素与产量的相关系数。②表中主对角线数字为直接通径系数,其余为间接通径系数。③\*表示达5%显著水平。下同

从表1可以看出,在大穗型品种中,三个产量构成因素与产量的简单相关系数也均不显著;而三者对产量的直接通径系数中,穗粒数和千粒重分别为1.3831和1.4121达显著,但二者差异不显著;而穗粒数通过千粒重和千粒重通过穗粒数的负间接效应,分别为-1.258和-1.232,其绝对值都较大。可见,在超高产条件下的大穗型品种,千粒重和穗粒数对产量有显著的直接作用,且二者存在相互影响和相互抑制的拮抗作用。大穗型品种实现

超高产关键在于提高穗粒数和千粒重，靠大穗大粒夺高产。

2.2 超高产品种的产量结构模式

表 2 超高产小麦品种的产量构成

		穗数( × 10 <sup>6</sup> 穗/ hm <sup>2</sup> )	穗粒数(粒)	千粒重(g)	产量(kg/ hm <sup>2</sup> )
多穗型	平均	6.95	35.07	40.50	9 406.2
	变幅	5.76~ 8.88	29.30~ 44.52	33.06~ 47.10	9 028.5~ 10 404.0
大穗型	平均	4.72	46.56	49.34	9 452.2
	变幅	4.22~ 5.22	41.70~ 55.97	36.81~ 56.40	9 038.0~ 10 016.1

表 2 列出了作者搜集的 36 例多穗型和 13 例大穗型超高产资料的产量和产量构成因素的平均值及其变幅。以此资料进行回归分析，结果表明以三元二次回归模型较为合理，其多穗型品种的回归方程为：

$$Y=20\,518.98+8.619\,7X_1-0.003\,636X_1^2-166.675\,2X_2+3.249\,6X_2^2-738.993\,9X_3+9.945\,1X_3^2$$

式中  $X_1$  为每公顷穗数， $X_2$  为穗粒数， $X_3$  为千粒重。该方程达极显著水平， $F=7.26^{**}$  ( $F_{0.01}=3.50$ )，多元相关系数为 0.774 8。以此方程对产量进行计算机模拟，共模拟 2 640 次，其产量在 9 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上的占 88.83%。从而得到多穗型品种实现 9 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上的超高产的最佳产量结构如表 3。

同样方法得到大穗型品种回归方程为：

$$Y=32\,346.36-200.519\,7X_1+0.224\,0X_1^2+1\,341.223\,0X_2-12.147\,5X_2^2-764.715\,8X_3+9.603\,4X_3^2$$

该方程的多元相关系数为 0.868 2。以此方程对产量进行计算机模拟，共模拟 1 904 次，其产量在 9 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上的占 65.86%。从而得到实现 9 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上的超高产的最佳产量结构如表 3。

表 3 超高产小麦品种的产量构成模拟结果

		穗数( × 10 <sup>6</sup> 穗/hm <sup>2</sup> )	穗粒数(粒)	千粒重(g)
多穗型	平均	6.806	38.16	40.34
	95% 置信区间	5.895~ 7.717	29.48~ 46.84	31.74~ 48.93
大穗型	平均	4.676	49.73	49.38
	95% 置信区间	4.076~ 5.277	42.31~ 57.15	40.00~ 58.77

2.3 影响超高产小麦品种产量因素的主要性状

要实现超高产就必须有超高产的产量结构，而产量结构是一系列性状相互作用的结果。为了探讨影响产量结构的主要因素，作者采用逐步回归的方法分别筛选出了影响各产量因素的主要性状(表 4)。

用 46 个性状作为自变数对群体穗数进行逐步回归，入选最优回归方程的有 4 个性状，按其作用大小，依次为基部第二节间长> 倒二叶鞘长> 基部第二节间茎壁厚> 倒二叶长，其多元相关系数为 0.931 4。起身拔节后，两极分化开始，基部第二节间和倒二叶开始伸长，这时营养充足，不仅有利于基部第二节间和倒二叶鞘伸长，而且能减少无效分蘖多成穗；但

是茎壁过厚和倒二叶过长，可能导致营养物质的竞争，反而对多穗不利。

用同样 46 个性状作为自变数对穗粒数进行逐步回归，入选最优回归方程的也是 4 个性状，按其作用大小，依次为结实小穗数> 倒三节间茎粗> 倒二节间茎壁厚> 倒三叶基角，其多元相关系数为 0.966 1。黄淮麦区具有幼穗分化期长的特点，一般地讲，只要适时播种，穗原基的多少，不是穗粒数的限制因素。关键在于防止小穗退化，入选性状也正好说明了这一点。倒三节间茎粗、倒二节间茎壁厚和倒三叶基角对穗粒数的增加都有正效应，茎秆粗茎壁厚表明营养充足，叶基角适当增大有利于截获光能，提高光能利用率，这些都有利于减少小穗退化，增加结实小穗数，从而增加穗粒数。

表 4 入选各产量因素最优回归方程的性状及其偏回归系数

群体穗数		穗粒数		千粒重	
基部第二节间长	67.92(0.91)	结实小穗数	2.07(0.54)	倒三节间长	2.62(0.58)
基部第二节间茎壁厚	- 7275.47(- 0.41)	倒三节间茎粗	42.55(0.34)	基部第二节间茎粗	29.25(0.312)
倒二叶长	- 22.41(- 0.36)	倒二节间茎壁厚	370.89(0.23)	倒二叶长	2.95(0.95)
倒二叶鞘长	72.04(0.73)	倒三叶基角	0.15(0.17)	倒三叶宽	11.30(0.315)
				光合速率	- 2.65(- 0.48)

注：括号内数字为标准偏回归系数

而入选千粒重最优回归方程的有 5 个性状，按其作用大小，依次为倒二叶长> 倒三节间长> 光合速率> 倒三叶宽> 基部第二节间茎粗，其多元相关系数为 0.9593。中部叶片长而宽有利于截获光能，茎秆粗节间长有利于光合产物的贮藏和转运，这些都有利于千粒重的提高。

### 3 讨论

#### 3.1 关于品种类型

就品种类型而言，目前多穗型和大穗型品种都有高产实例，中间型少一些。一般而言，多穗型品种抗倒性差，而大穗型品种抗倒性较好。而目前的育种和生产实践表明，多穗型品种实现超高产相对容易，而大穗型品种实现超高产难度相对较大。作者认为，随着产量水平和育种水平的不断提高，超高产小麦的品种类型可能会由以多穗型品种为主，转向以大穗型品种为主。

#### 3.2 提高成穗率，减少无效分蘖，稳定穗数

足够的穗数是高产的基础，在多穗型品种中，穗数对产量的直接作用大于穗粒数和千粒重。实践证明穗数多少并不与分蘖力成正比，关键在于成穗率。对于多穗型品种，应注意选择分蘖力中等，但成穗率高的品系。这样既可保证足够的穗数，也能高产。分蘖力过强，成穗率低，地力耗费过大，即使有足够的穗数，也会因穗粒数减少和千粒重降低，而不能高产。对于大穗型品种，也不能忽视成穗率。现有大穗型品种之所以实现超高产比较困难，就是分蘖不少，成穗不多，地力耗费大，影响穗粒数和千粒重，从而影响产量，如豫麦 66 号、93 中 6 等都是这样。从本研究看，要增加群体穗数，在形态上，基部茎壁不宜过厚。基部茎壁厚，一般茎秆也粗，节间相对短，分蘖茎与主茎的水平距离大，不宜多穗。

### 3.3 主攻穗粒数

虽然黄淮麦区幼穗分化期长, 但穗粒数却是高产, 尤其是超高产的限制性因素。原因就是结实小穗数少, 小穗退化严重。要减少小穗退化, 增加结实小穗数, 既要采取栽培措施, 合理促控, 也要用育种方法, 选育结实小穗数多的品种, 增加结实小穗数比增加每小穗结实粒数更有效。从本研究看, 在植株形态上, 中部茎适当粗一些, 茎壁适当厚一些, 叶基角适当大一些, 有利于增加穗粒数。

### 3.4 进一步提高千粒重

最近几年来, 新育成的小麦品种其千粒重普遍有一定的提高, 但要进一步提高产量, 千粒重还需进一步提高。要提高千粒重, 关键是要选育灌浆速率快的品系, 但也应注意适当延长灌浆时间。延长灌浆时间应着眼于抽穗早, 开花早, 而不能仅靠延迟成熟。从本研究看, 也要注意在形态上选育中部茎秆较粗, 茎壁较厚, 节间较长, 上部叶片较大的品种, 以便“源”足“流”畅, 提高千粒重。

### 参考文献:

- [1] 田奇卓, 于振文, 潘庆民, 等. 冬小麦超高产栽培群、个体发展动态指标的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 859–864.
- [2] 王绍中, 赵虹, 王西成, 等. 小麦超高产品种筛选的研究初报[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 870–875.
- [3] 赵广才, 张保明, 王崇义. 不同类型高产小麦氮素积累及施氮对策探讨[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 894–898.
- [4] 张维城, 王志和, 任永信, 等. 有效分蘖终止期控制措施对小麦群体质量影响的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 903–907.
- [5] 潘庆民, 于振文, 田奇卓, 等. 追氮时期对超高产冬小麦旗叶和根系衰老的影响[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 924–929.
- [6] 宁 锐, 裴阿卫, 李硕碧, 等. 小麦新品种陕 354 高产性状的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 930–934.
- [7] 朱云集, 崔金梅, 郭天财, 等. 温麦 6 号生育规律及其超高产栽培关键技术研究[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 947–951.
- [8] 杨兆生, 许红霞, 阎素红, 等. 紧凑大穗型小麦新品种 93 中 6(37 系) 的选育及亩产 600 kg 栽培技术研究[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 973–974.
- [9] 王晨阳, 朱云集, 夏国军, 等. 氮肥后移对超高产小麦产量及生理特性的影响[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 978–983.
- [10] 李晴祺, 李安飞, 包文翊, 等. 小麦育种中几个重要问题的探讨[A]. 庄巧生, 杜振华. 中国小麦育种研究进展[C]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 91–97.
- [11] 于振文. 冬小麦超高产栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 24–91.
- [12] 庄巧生. 庄巧生文集[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 412–413.

## Studies on the Models for Yield Structure of Super-high-yielding Winter Wheat Cultivars in Huang-huai Wheat Region

CUI Dang-qun<sup>1</sup>, ZHANG Juan<sup>1</sup>, WEN Jie<sup>1</sup>, WANG Jun-zhen<sup>2</sup>

( 1. Henan Agricultural University, Zhengzhou Henan 450002, China;

2. Shangqiu Agricultural School, Shangqiu Henan 476100, China)

**Abstract:** Correlation and regression analysis were used to study the yield structure of super-high-yield winter wheat cultivars in Huang-huai winter wheat region and their interrelations. The results showed that for multiple-spike varieties the number of spikes per hectare, the number of kernels per spike and 1000-kernel's weight should be harmonized to achieve super-high-yielding, the optimum yield structure was  $680.6 \times 10^4$  spikes/ha, 38.16 kernels/spike, 40.34g/1000-kernel and that for big-spike varieties, the key is to increase the number of kernels per spike and 1000-kernel's weight, the optimum yield structure was  $467.6 \times 10^4$  spikes/ha, 49.73 kernels/spike, 49.38 g/1000-kernels. Finally, breeding super-high-yielding wheat cultivars was also discussed.

**Key words:** Wheat; Super-high-yield; Yield; Yield structure; Variety breeding