

(栽培二粒小麦 × 普通小麦) 后代高 蛋白的遗传及其与主要农艺性状的 途径分析*

高国强** 张怀刚 冯海生

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘 要

栽培二粒小麦 (*Triticum dicoccum* Schuebl.) (顶芒型) 的籽粒蛋白质含量明显高于普通小麦 (*Triticum aestivum* L.) (高原338), 且栽培二粒小麦与普通小麦杂交亲和性很高, 它们间的杂种 F_1 籽粒蛋白质含量接近大值亲本。 F_2 的单峰连续分布表明该性状受微效多基因控制。 F_3 个体与 F_4 株系平均数间亲子回归遗传力为41.55%, 亲子相关遗传力为45.54%。

途径分析表明: 千粒重、单株穗数和每穗小穗数对籽粒蛋白质含量的直接作用较小; 较多的小穗粒数和较高的蛋白质含量有直接关系; 但是, 单株粒重和穗长对蛋白质含量的直接途径系数为负值, 较高的株高同较高的蛋白质含量有直接联系。

关键词: 小麦; 遗传; 品质

Middleton 等 1954 年最先报道小麦籽粒蛋白质含量品种间有较大的遗传差异 (Johnson 等, 1985) 以来的近四十年, 普通小麦籽粒蛋白质含量的遗传与育种研究有很多报道 (Johnson 等, 1978; Bhullar 等, 1978; Mihaljev 等, 1978; 朱陆元等, 1983), 一般认为普通小麦中绝大多数影响籽粒蛋白质含量的基因只有微效作用, 进行基因操纵和基因追踪比较困难, 而该性状的遗传变异小于非遗传的变异 (Johnson 等, 1985), 给用常规育种技术改良小麦蛋白质增加了难度。从近缘植物导入控制高蛋白质含量的基因, 则要首先克服远缘杂交障碍和打破外源不良性状和高蛋白质含量的连锁。栽培二粒小麦的籽粒蛋白质含量较高, 它与普通小麦杂交亲和性也高, 并且有接近于普通小麦的农艺性状。本文将分析栽培二粒小麦 × 普通小麦后代籽粒蛋白质含量的变异与遗传规律及其与主要农艺性状间的关系, 探讨栽培二粒小麦高蛋白质特性对提高普通小麦籽粒蛋白质含量的价值。

* 陈集贤研究员审阅文稿, 特此致谢。

** 现在山东省农业科学院原子能研究所, 济南市, 250100。

本文1991年3月27日收到。

一、材料与方 法

用携带有 高蛋白质含量基因的顶芒型栽培二粒小麦 (*T. dicoccum* Schuebl) 为母本, 普通小麦 (*T. aestivum* L.) 高产品种高原338为父本杂交, 将其 F_3 按家系种植, 每家系1行, 行长2米, 株距15厘米, 同时种植双亲及 F_1 。收获后随机抽取7个家系, 每个家系取6株 (其中两个家系不足6株), 与亲本及 F_1 籽粒一同在中国科学院兰州近代物理研究所用快中子活化法测定蛋白质含量 (简称方法1, 自然含水量)。次年将上述测过蛋白质含量 F_3 种子全部按家系种植形成 F_4 群体, 同时种植双亲及 F_2 群体, 行长同上, 每行播21粒。收获后考种, 并用禾谷类蛋白质含量快速测定法测籽粒蛋白质含量 (华东师范大学生物系植物生理教研组, 1983) (简称方法2, 干基), 每 F_4 家系及双亲各测8株, F_2 测59株。然后选 F_3 籽粒蛋白质含量高的单株播种, 按主要农艺性状选出普通小麦型的高蛋白材料。

绘制亲本及杂种后代籽粒蛋白质含量分布图, 并对 F_3 与 F_4 籽粒蛋白质含量间的亲子回归及亲子相关遗传力进行了计算。籽粒蛋白质含量同主要农艺性状间的相关及通径分析是在 F_4 家系平均数基础上进行的, 全部运算在 IBM PC/XT型计算机上完成。

二、结果与分析

1987年和1988年分别用不同方法测定表明, 顶芒型栽培二粒小麦籽粒蛋白质含量明显高于普通小麦高原338。方法1测定的栽培二粒小麦籽粒蛋白质含量为16.762%, 比高原338 (12.173%) 高出4.589% (表1)。次年方法2测出的栽培二粒小麦籽粒蛋白质含量为 $18.748 \pm 1.757\%$, 高原338为 $13.560 \pm 0.811\%$, 绝对值高5.188%, 比高原338高38.26%。栽培二粒小麦年际及方法间变化为1.986%, 高原338为1.387%, 远远小于种间差异。以栽培二粒小麦为母本与高原338杂交的结实率为26.9%, F_1 植株生长正常, 自交结实率为32.76—39.68%。 F_1 籽粒蛋白质含量为16.756%, 非常接近栽培二粒小麦。 F_1 植株形态介于双亲之间, 倾向高原338, 千粒重、单株产量、每穗小穗数、穗长和有效穗数均在不同程度上超高值亲本, 表现出杂种优势 (表1)。四倍体栽培二粒小麦与六倍体普通小麦杂交, F_1 植株减数分裂时形成14个二价体和7个单价体 (图版 I: 1、2、3), 自交时部分不育。 F_1 株高属中间型偏高。

F_2 群体籽粒蛋白质含量的分布曲线为一单峰的近正态分布 (图1), 可见籽粒蛋白质含量的遗传受微效多基因控制。 F_2 群体变化于11.57—22.28%之间, 其中11.86%的单株高于高值亲本栽培二粒小麦的平均值 (18.748%)。 F_2 分布重心略偏向低值亲本, 低蛋白质含量个体多于高蛋白质含量的个体。 F_4 有向亲本两极分离的趋向。

表2示出 F_3 单株及相应的 F_4 家系的籽粒蛋白质含量的表现和标准误, F_3 测定的7个家系可大致分为3种类型: 第1类是家系平均值不高而家系内变异也不大 (系内株间变异小于家系间变异); 第2类是家系平均数较高, 而系内变异小的家系; 第3类为家系平均数高, 系内变化大, 仍在分离之中的家系。在 F_4 中, 由 F_3 第1种类型形成的家系标准误和家系群标准误均小于家系群间的标准误。而 F_3 平均值高的家系到 F_4 家系群时平均

表 1 亲本及杂种后代籽粒蛋白质含量和主要农艺性状表现

Table 1 The grain Protein contents and major agronomic characters of Parents and their hybrid offsprings

世 代 Generation	有效穗数 Spike No./Plant	株高(厘米) Plant Height (cm)	穗长(厘米) Spike Length (cm)	小穗数/穗 Spikelet No./Spike	穗粒数 Kernel No./Spike	最高粒数/小穗 Max. Kernel No./Spikelet	单株粒重(克) Kernel Weight/Plant (g)	千粒重(克) Thousandkernel Weight (g)	籽粒蛋白质含量 Kernel Protein Content (%)	注 Note
栽培二粒小麦 <i>T. dicoccum</i>	6.13	147.9	8.39	18.6	49.4	4.0	9.888	57.639	16.762	方法1 Method 1
高原 338 Plateau 338	6.25	83.0	10.74	19.4	66.1	4.5	10.163	50.204	12.173	
中 亲 值 Mid-Parent	6.19	115.5	9.56	19.0	57.8	4.3	10.025	53.971	14.468	
F ₁ F ₁	11.50	124.0	12.15	20.5	29.0	4.0	15.435	62.800	16.756	
90-156(F ₆)	12.60	106.6	8.86	21.4	72.8	5.6	21.440	37.446	18.460	方法2 Method 2
90-146(F ₆)	12.56	127.2	15.30	22.2	89.1	5.8	41.089	46.987	16.470	

表 2 (栽培二粒小麦×普通小麦) 后代籽粒蛋白质含量及变异

Table 2 Grain Protein contents and their variances of offsprings in (*T. dicoccum* Schuebl × *T. aestivum* L.)

株号 Plant No.	F ₃ 单株值 F ₃ Individual \bar{X}	F ₃ 家系平均值 F ₃ Family Mean $\bar{X} \pm S$	F ₃ 群体 F ₃ Population	F ₄ 家系平均值 F ₄ Family Mean $\bar{X} \pm S$	F ₄ 家族平均值 F ₄ Family Group Mean $\bar{X} \pm S$	F ₄ 群体 F ₄ Population
86-33-2-1	13.6909			9.5913±1.2391		
-2	15.8250			11.7163±1.7263		
-3	13.1402	14.4595±		9.8725±0.5939	11.1160±	
-4	14.4415			12.7588±1.1422		
-5	12.3133	1.8512		11.6413±0.9496	1.6577	
-6	17.3462					
-3-1	14.8539		F ₃ 混合群体平均值: Mean of F ₃ mixed population:	13.4100±1.1201		F ₄ 混合群体平均值: Mean of F ₄ mixed population:
-2	14.5248			12.3725±0.5644		
-3	15.4180	14.6238±		12.0413±0.8693	12.3552±	
-4	14.7666	0.7512	$\bar{X}=15.2413$	12.9800±1.1992		$\bar{X}=13.5973$
-5	13.2129		S(F ₃)=±2.6614	10.8475±0.5951	1.1967	S(F ₄)=±2.8225
-6	14.9883			12.4800±1.0240		
-5-1	14.6916			14.4500±1.2843		
-2	16.1187			13.7713±1.4062		
-3	17.0592	16.0551±		13.1350±0.8681	13.5321±	
-4	16.2285	0.8653		12.2313±2.0025	1.4800	
-5	15.4700			14.3125±1.3534		
-6	16.7623			13.2925±0.7617		
-6-1	23.9230		F ₃ 家系平均值平均: Mean of F ₃ family	16.4975±1.6105		F ₄ 家系群平均值平均: Mean of F ₄ family group
-2	16.5672	17.8369±	averages:	18.1763±1.4507	16.1367±	averages:
-3	13.0205	5.5610	$\bar{X}=15.0746$	13.7363±0.7999	2.2630	$\bar{X}=13.5797$
-8-1	13.7197		S(1F ₃)=±2.2351	16.6725±1.2331	16.1832±	S(1F ₄)=±2.6285
-2	15.0228	15.0230±		14.4375±1.8586	2.3453	
-3	16.5544	0.9224		17.9025±2.0349		
-4	15.2153			15.1963±1.5793		
-5	14.6063			16.5088±3.3307		
-6	15.0193					
-10-1	20.7063			13.6063±2.0271		
-2	20.3117	16.7075±		16.4650±1.7940	15.9940±	
-3	13.4857	4.4179		18.1175±1.6568	2.5554	
-4	12.3264			14.3400		
-11-1	10.5729	10.8164±		10.1963±0.7234	9.7406±	
-3	11.0599	0.3444		9.2850±1.6845	1.3379	

数仍然高, 其中一些家系仍有大的分离, 因而家系群的标准误一般也大; 同时也出现一些蛋白质含量较高而株间变异较小的F₄家系。另外, 从田间观察发现形态稍偏向于栽培二粒小麦的中间型的F₃和F₄家系中表现为高蛋白质含量的个体频率较高。这就间接证实该性状的遗传主要受加性效应作用, 而且母本比父本具有更多的高蛋白基因。

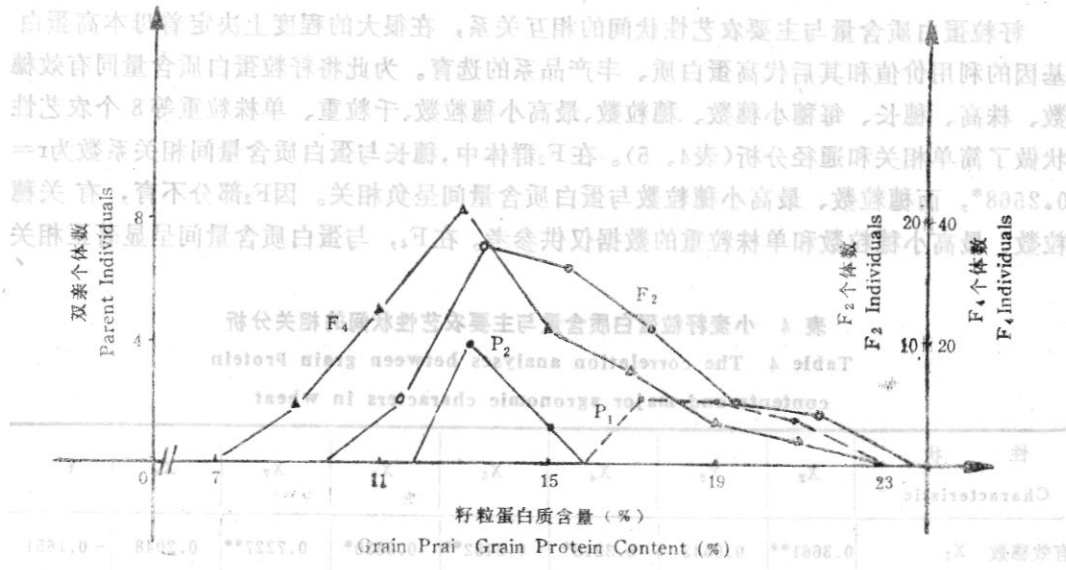


图 1 (栽培二粒小麦×普通小麦) 双亲, F₂及F₄群体籽粒蛋白质含量分布
 Fig. 1 Distributions of grain protein contents in parents, F₂ and F₄ populations in (*T. dicoccum* X *T. aestivum*)

F₃个体与F₄家系蛋白质含量间的亲子回归遗传力 (h^2BN_1) 为 41.55%, 亲子相关遗传力 (h^2BN_2) 为 45.54% (表3)。亲子回归和相关遗传力为一种介于广义 (h^2B) 和狭义 (h^2N) 之间的遗传力 (刘来福等, 1984), 又因采用了F₃、F₄数据估算, 群体中的纯合度较高, 受显性效应的影响较小, 比广义遗传力更能准确地反映实际规律。尽管在本组合中存在因D组染色体在群体中分布的不平衡性, 并不完全符合自花授粉作物品种间遗传模式, 但亲子回归 (相关) 遗传力其实就是F₃个体与F₄家系平均数间的回归 (相关) 关系, 在统计学上有其预测的实际意义。亲子回归遗传力为 41.55%, 即F₃个体若提高或降低1%, 到F₄家系平均值将有 0.416% 的变化。由F₃家系平均数和F₄家系群平均数算出的亲子回归遗传力达 97.55%, 亲子相关遗传力达 82.95% (表3)。

表 3 (栽培二粒小麦×普通小麦) 籽粒蛋白质含量遗传力估算
 Table 3 Heritabilities of grain Protein contents in (*T. dicoccum* Schuebl X *T. aestivum* L.)

估算涉及世代 Generations Involved	亲子回归遗传力 $h^2 BN_1$ Heritability of Parent-offspring Regression	亲子相关遗传力 $h^2 BN_2$ Heritability of Parent-offspring Correlation
F ₃ 个体观察值与F ₄ 家系平均数 Between F ₃ Individuals and F ₄ Family Means	41.55% ($b=0.4155$)	45.54% ($r=0.4554^{**}$)
F ₃ 家系平均数与F ₄ 家系群平均数 Between F ₃ Family Means and F ₄ Family Group Means	97.55% ($b=0.9755$)	82.95% ($r=0.8295^{**}$)

** 在1%水平上显著 Significant at 1% Probability level

籽粒蛋白质含量与主要农艺性状间的相互关系，在很大的程度上决定着母本高蛋白基因的利用价值和其后代高蛋白、丰产品系的选育。为此将籽粒蛋白质含量同有效穗数、株高、穗长、每穗小穗数、穗粒数、最高小穗粒数、千粒重、单株粒重等8个农艺性状做了简单相关和通径分析(表4、5)。在F₂群体中，穗长与蛋白质含量间相关系数为r=0.2568*，而穗粒数、最高小穗粒数与蛋白质含量间呈负相关。因F₂部分不育，有关穗粒数、最高小穗粒数和单株粒重的数据仅供参考。在F₄，与蛋白质含量间呈显著正相关

表 4 小麦籽粒蛋白质含量与主要农艺性状间的相关分析
Table 4 The correlation analyses between grain Protein contents and major agronomic characters in wheat

性 状 Characteristic	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	Y
有效穗数 X ₁ Spike No./Plant	0.3661**	0.0543	0.3213*	0.3452**	0.2530*	0.7227**	0.2048	-0.1651
株 高 X ₂ Plant Height		0.1899	0.1498	0.5346**	0.5489**	0.5061**	0.3679**	-0.1737
穗 长 X ₃ Spike Length		-0.2691	0.3327	-0.3636*	-0.3588*	-0.3126	-0.2510	0.6063**
小穗数/穗 X ₄ Spikelet No./Spike			0.0247	0.1614	0.2036	0.1447	0.4305**	0.2568*
粒数/穗 X ₅ Kernel No./Spike			0.0597	0.4761**	0.3592*	0.6636**	0.7071**	-0.6970**
最高粒数/小穗 X ₆ Max. Kernel No./Spikelet				0.3034*	0.0941	0.3628**	0.0463	-0.1352
单株粒重 X ₇ Kernel Weight/Plant				-0.2588	-0.1714	-0.1125	-0.0756	0.1672
千 粒 重 X ₈ Thousand kernel Weight					0.8734**	0.6719**	0.5000**	-0.3801**
籽粒蛋白质含量 Y Kernel protein Content					0.8266**	0.6839**	0.5981**	-0.4465*
						0.6128**	0.5390**	-0.2867*
						0.6024**	0.4548**	-0.2847
							0.4501**	-0.2453
							0.7551**	-0.6857**
								-0.0528
								-0.5885**

注：上为从F₂个体观察值求出的相关系数，N=59；下为从F₄家系平均数求出的相关系数，N=31。*在5%水平上显著；**在1%水平上显著。

Note: The upper data are the correlation coefficients from F₂ data, N=59;

The lower data are the correlation coefficients from family means of the F₄, N=31.

* Significant at 5% probability level; ** Significant at 1% probability level.

表 5 (栽培二粒小麦×普通小麦)后代 (F₄) 籽粒蛋白质含量与主要农艺性状的通径分析*

Table 5 Path analyses between grain Protein contents and major agronomic characters of F₄ generation in (*T. dicoccum* Schuebl × *T. aestivum* L.)

性状 Characteristic	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
X ₁	0.02863	0.21588	0.17480	0.00431	0.05554	-0.21686	0.20512	-0.03699
X ₂	0.01385	0.44620	0.09985	0.00808	0.03665	-0.13675	0.15472	-0.01625
X ₃	-0.01349	-0.12005	-0.37110	0.00145	-0.04799	0.13691	-0.32849	0.04579
X ₄	0.00508	0.14846	-0.02214	0.02430	0.02608	-0.06532	0.05568	-0.00490
X ₅	-0.01578	-0.16224	-0.17660	-0.00629	-0.10079	0.31507	-0.33854	0.03873
X ₆	-0.01629	-0.16007	-0.13329	-0.00416	-0.08331	0.38117	-0.29820	0.02945
X ₇	-0.01186	-0.13945	-0.24627	-0.00273	-0.06893	0.22963	-0.49501	0.04890
X ₈	-0.01636	-0.11199	-0.26240	-0.00184	-0.06028	0.17334	-0.37376	0.06476

* R=0.8851

的性状是有效穗数和株高,除每穗小穗数和最高小穗粒数与蛋白质含量间的相关不显著外,其余性状与蛋白质含量间均呈显著负相关,其中蛋白质含量与千粒重和单株粒重间相关系数分别为 $r = -0.5885^{**}$ 和 -0.6857^{**} 。其它研究结果表明籽粒产量和蛋白质含量间在许多情况下存在着显著的负相关 (Johnson 等, 1985), 马兆祉 (1987) 在品种间杂交 F₁ 中发现籽粒蛋白质含量与单株穗数、穗粒数和单株粒重间呈显著的负相关, 与千粒重相关不显著, 但 F₂ 籽粒蛋白质含量和单株粒重相关不显著。

通径分析表明,有效穗数、每穗小穗数与蛋白质含量间几乎没有直接关系,同时直接作用非常小的还有千粒重,进一步分析发现,千粒重通过株高、穗长和单株产量对蛋白质含量负的间接作用使其同蛋白质含量间的负相关系数达极显著水平。最高小穗粒数对蛋白质含量有较大的直接作用,而穗粒数对蛋白质含量虽有负的直接作用,但只有 -0.10079 。穗粒数增加时伴随着株高降低、穗长加长和单株产量增加这些间接作用是降低蛋白质含量的主要因素。株高对蛋白质含量正的直接作用同穗长,单株粒重对蛋白质含量较大的负直接作用,把同来自于栽培二粒小麦的较高的株高、较短的穗长、较差的丰产性同高的籽粒蛋白质含量给联系到一起。除负直接作用外,单株粒重通过株高、穗长两个性状对蛋白质含量有较大的负间接作用。

从 F₃ 选出具有 42 条染色体的两个高蛋白质含量家系 (表 1, 图版 I; 4、5、6), 在单株产量、有效穗数、每穗小穗数、多花性和穗粒数方面超过丰产亲本高原 338, 其中 90-156 株高 106.6 厘米, 较接近高原 338 (83.0 厘米), 90-146 穗长达 15.3 厘米, 也长于高原 338 (10.7 厘米)。90-156、90-146 有些农艺性状仍需进一步改造。

三、讨论

曹广才等(1990)认为小麦开花至成熟期间气温较高,日照时数较少,昼夜温差较小,能使籽粒蛋白质含量一定程度的提高。青海高原的气候条件有利于小麦高产,但不利于籽粒蛋白质含量提高。虽然在高原生态条件下,本试验采用的顶芒型栽培二粒小麦籽粒蛋白质含量较高,且年际变化小,高蛋白基因有较大的稳定性,这就为将此性状导入普通小麦提供了可靠的前提。普通小麦的其它一些近缘种、属的蛋白质含量远比栽培二粒小麦高,但它们与普通小麦的杂交亲和性远较栽培二粒小麦低,栽培二粒小麦的农艺性状更接近于普通小麦,为其它近缘植物所不及。本组合 F_1 蛋白质含量倾向于高值亲本,而普通小麦品种间杂交 F_1 的遗传表现各说不一。Kraljevic-Balalic等(1983)报道有的组合为中间型遗传或部分显性,也有的组合表现为完全显性。Mihaljev等(1978)报道高蛋白含量受控于显性基因,而低蛋白质含量被隐性基因控制。栽培二粒小麦 \times 高原338 F_2 蛋白质含量的近正态分布同普通小麦品种间杂交后代的表现是一致的(Johnson等,1973)。该性状主要受加性效应影响(Mihaljev等,1978;Bhullar等,1978;朱陆元等,1983),但也有该性状遗传力较低报道(Fowler,1986)。本研究组合高蛋白性状有较高的遗传传递的能力。通径分析结果表明:高的籽粒蛋白质含量同较高的株高,较短的穗长和较低的单株粒重联系在一起,为将父母本的优良性状结合增添了难度,但90-146和90-156两个选系表现高蛋白含量和良好的丰产性的结合,又说明这并非是不可打破的连锁,何况普通小麦的多花性容易与高蛋白含量相结合而有利于高产优质。

在转移栽培二粒小麦的高蛋白基因时,普通小麦应选择丰产性好而籽粒蛋白质含量也较高的高产亲本,后代将会出现更多的超亲个体。由于远缘杂交的部分不育和蛋白质含量由微效多基因控制,不宜进行早代选择。 F_3 淘汰形态表现趋向栽培二粒小麦的家系,按家系混合测定蛋白质含量,淘汰含量低的家系;将含量高的家系在 F_4 选择农艺性状好的测定蛋白质含量,筛选出高蛋白含量而丰产性较好的材料。选择若借助于染色体鉴定,将有利于提高工作成效。

参 考 文 献

- 马兆祉, 1987, 南方冬麦区小麦品种品质研究简报, 小麦育种通讯, (1): 16-18.
 刘来福、毛盛贤、黄远樟, 1984, 作物数量遗传学, 农业出版社。
 华东师范大学生物系植物生理教研组, 1983, 植物生理学实验指导, 人民教育出版社。
 朱陆元、徐阿炳、裴洪平、俞志隆, 1983, 小麦籽粒蛋白质含量及其品质的遗传分析, 遗传学报, 10(5): 352-361。
 曹广才、吴东兵, 1990, 温光条件对小麦籽粒蛋白质含量的影响, 小麦生态研究, 浙江科学技术出版社, 405-410。
 Kraljevic-Balalic, M.等(张端品译), 1983, 小麦籽粒蛋白质的遗传, 国外农学——麦类作物, (5): 2-4。
 Bhullar, B.S., K. S. Gill and G. S. Manal, 1978, Genetic analysis of protein in wheat, Proc. 5th Int. Wheat Genetics Symposium. 613-625。
 Fowler, D. B., 1986, Breeding wheat for quality, Wheat production in Canada——a review, 453-473, Division of Extension and Community Relations, University of Saskatchewan。
 Johnson, V.A., P.J. Mattern, J.W. Schmidt and J. E. Stroikey, 1973, Genetic advances in wheat protein quantity and composition, Proc. 4th Int. Wheat Genetics Symposium, 547-556。
 Johnson, V.A., K.D. Wilhelmi, S. L. Kuhr, P. J. Mattern and J.W. Schmidt, 1978, Breeding

Progress for protein and lysine in wheat, Proc. 5th Int. Wheat Genetics Symposium, 825—835.

Johnson, V. A., P. J. Mattern, C. J. Peterson and S. L. Kuhr, 1985, Improvement of wheat protein by traditional breeding and genetic techniques, *Cereal Chemistry*, 62(5): 350-355.

Mihaljev, I. and Mirjana Kovacev-Diolai, 1978, Inheritance of grain protein content in a diallel wheat cross, Proc. 5th Int. Wheat Genetics Symposium, 755—761.

THE INHERITANCE OF HIGH PROTEIN CONTENT AND ITS PATH ANALYSIS WITH MAJOR AGRONOMIC CHARACTERS IN (*TRITICUM DICOCIMUM* SCHUEBL X *TRITICUM AESTIVUM* L.)

Gao Guoqiang, Zhang Huaigang and Feng Haisheng

(Northwest Plateau Institute of Biology,

The Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001)

Grain protein content of *T. dicoccum* Schuebl was significantly and steady higher than that of Plateau 338 (*T. aestivum* L.) and *T. dicoccum* Schuebl was easily hybridized with *T. aestivum* L.. The protein content of the F1 generation was as that of *T. dicoccum* Schuebl. The single peak normal distribution of grain protein content in F2 population indicated that it was controlled by polygenes. The parent-offspring regression heritability and correlation heritability between F3 individuals and F4 family means were 41.55% and 45.54%, respectively.

The results of path analysis showed very slightly direct relations of thousand grain weight, spikes/plant and spikelets/spike to grain protein content. More kernels per spikelet was directly related with higher grain protein content. Unfortunately, the direct path coefficients of grain weight/plant and spike length to grain protein content were negative. Higher plant height was directly related to higher grain protein content in the cross. However, two promising lines with higher protein contents and reasonable agronomic characters have been selected.

Key words: Wheat; Inheritance; Quality