

## 小麦增小穗育种方法与新种质资源拓宽研究<sup>X</sup>

李维平<sup>1, 2</sup> 赵文明<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>西安交通大学, 陕西西安712000; <sup>2</sup>西北农林科技大学, 陕西 杨凌, 712100)

**提 要** 为探求小麦超高产育种的新途径, 通过以“种内相对较少小穗早熟类型与相对较多小穗晚熟类型多次杂交形式”逐步完善了小麦双显性阶梯式增小穗育种新方法, 获得了早熟较多小穗(27~30个小穗)和晚熟多小穗(30~38个小穗)的新种质系列, 发现小麦中存在着显性可增性多小穗基因。进一步研究表明, 新种质具有三个特点: 一是多小穗性状呈显性可增性遗传特征; 二是幼穗分化速率显著提高, 比对照增加21.73%; 三是籽粒日灌浆量强度大, 形成大粒而饱满。同时还研究了栽培措施与产量潜力。

**关键词** 小麦; 多小穗; 新种质; 幼穗分化; 籽粒灌浆; 产量

## A Breeding Method for Increasing Spikelet and Studies on Creation of New Germplasm Resource in Wheat

L I W ei Ping<sup>1, 2</sup> ZHAO W en Ming<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Xian Jiaotong University, Xian Shaanxi 712000; <sup>2</sup>Northwestern SciTech University of Agricultural and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract** The aim of the study is to create a new genetic resource and to solve problem about late maturing and withered grain in more spikelet wheat, and to set up a new method for high yield breeding in wheat. The new method is called double dominant by stages in increasing spikelet breeding method. It is set up by three crossing with a few spikelets but early ripe variety (line) and a more spikelets but late ripe wheat. Double dominant is more spikelets and early maturing to combine and to show clearly hybrid vigor in F<sub>1</sub>. By stages is to do more crossing time to step by step increasing No. spikelets. By three stages crossing, the main results of the study are as follows: 1. The new genotypes were developed and its number of spikelets has been raised from 24 to 38, and early ripe genotypes with 27~30 spikelets. 2. A dominant spikelet gene has been discovered in wheat. 3. The new genotypes have a high rate of spikelet initiation. It is 21.73% higher than that of regular varieties (ck). 4. The genotypes have a fast grain full stage. 5. The relation of cultivation condition and potential of yield has been studied too.

**Key words** Wheat; More spikelet (multispikelet); Germplasm; Spikelet initiation; Full grain; Yield

在小麦种质资源中, 多小穗性状(小穗数 > 30)是一种特异种质, 具有多花多粒的特点。

X 陕西省杨凌农业科学基金资助项目  
收稿日期: 1998201212, 接收日期: 1999202223

这种多小穗性状, 一是来源于外源种属如黑麦<sup>[1]</sup>、偃麦草<sup>[2]</sup>等, 二是种内基因的重组、互作<sup>[3]</sup>与突变<sup>[4]</sup>等获得, 受隐性基因控制<sup>[5, 6]</sup>。但是, 随着外源多小穗性状的引进, 同时也带来了不良性状的结合; 随着小穗数目的增多, 多小穗类型往往抽穗变晚<sup>[7]</sup>, 成熟期推迟<sup>[8]</sup>。由于抽穗晚, 开花亦晚, 相对籽粒灌浆期缩短, 籽粒发育不良, 粒重显著下降<sup>[1, 9]</sup>。多年来, 多小穗小麦晚熟和籽粒不饱满是两大难题, 一直困扰着该优良性状的利用及其在生产上发挥作用。矮化育种曾使品种产量水平显著提高, 但目前处于“爬坡”阶段。如何进一步提高品种的高产潜力, 育种家们把希望寄托在以多小穗性状来大幅度提高单穗粒重上<sup>[10]</sup>。就多小穗性状而言, 可分为穗分枝型多小穗<sup>[3]</sup>, 复小穗型多小穗<sup>[11]</sup>和直穗型(不分枝)多小穗<sup>[12]</sup>三种类型。本文主要研究的是直穗型(不分枝)多小穗新种质的创建与遗传改进。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

试验始于1986年, 先后在西北农业大学校内农场(1986~1988, 1992~1994, 1996~1997)和校外丹凤实验基地(1988~1992, 1995)连续穿梭进行。前期(1986~1992)以创造材料为主, 后期(1993~1997)以研究育种方法和鉴定新种质之特性为主。供试材料可分为四类: 一是基础较多小穗材料: 85509324、特大穗麦、西安9号、眉选大穗和克旱6号, 共5个; 其中, 85509324、特大穗麦和克旱6号主穗有小穗24个。二是少小穗材料50多个, 其中早熟少小穗材料有85选1、78(6)9-2、矮早4号和8829, 共4个, 主穗有小穗20个。三是大面积主栽品种(对照), 共3个: 小偃6号, 咸农151和陕229, 小穗数20个。四是新育成的早代和高代材料60多个品系。

### 1.2 增小穗方法

试验以创造具有多小穗的基因型为目标基因型, 采用新设计的双显性阶梯式增小穗育种方法, 连续以早熟基因型启动晚熟(较)多小穗基因型, 使幼穗分化和生长发育阶段发生质的变化, 来累加目标性状。所谓双显性是指杂种 $F_1$ (较)多小穗性状遗传倾多亲, 早熟性状遗传偏早亲,  $F_2$ 出现双显性单株的机率高。阶梯式是指在第一次双显性组合的基础上, 进一步选用具有不同优良农艺性状和经济性状的较少小穗早熟亲本(小穗数20个)进行复交, 并进行相对少小穗早熟 $\times$ 相对晚熟多小穗类型杂交, 以累积和提高多小穗后代材料的综合优良性状, 特别是小穗数, 选育比(较)多小穗亲本小穗数更多的新基因型, 不断建拓小穗基因库, 即为第二次阶梯式增小穗育种阶段。此后, 在第二次双显性阶梯式增小穗育种的基础上, 又进行了第三次阶梯式增小穗组合的亲本选配, 后代分离与选择工作, 以鉴定多小穗性状的显性和增加潜势。

亲本选配遵循“早熟与晚熟”和“少小穗与多小穗”两对性状互补的原则, 根据特定亲本材料采用两亲本单交方式(实验初期创造多小穗材料及后期的证明和鉴定多小穗性状的显性和增加潜势)、三亲本双交方式(如表1中组合8913, 多小穗亲本在后代遗传组中所占比重增大), 三亲本三交方式(如表1中的组合895, 第3亲本为综合性状好的亲本), 以及姊妹系间的再杂交(如表1中的941)等多种方式及时进行针对性再杂交与改良。具体杂交方法是以早熟小穗少基因型亲本为母本, 以晚熟具有较多小穗基因型亲本做父本, 调节花期使两者相遇。

### 1.3 后代选择方法

按常规育种的系谱法进行多数性状的选择, 其中主要目标性状——小穗数, 从 $F_1$ 开始选

择组合, 复交组合从  $F_1$  开始选株,  $F_2$  以小穗数和早熟性为重点选择目标, 同时注意其它性状, 如越冬性、抗锈性等的综合选择。目标性状的鉴别是以  $F_1$ 、 $F_2$  选株在其后不同世代环境条件下目标性状的稳定性表现来确认。 $F_1$  选择组合的标准是, 首先田间选择双显性组合, 兼顾其它性状; 其次室内选择籽粒饱满度好的给合。对重点组合从  $F_2$  起, 选株、选系再配组合。重点组合  $F_2$  选择单株作亲本的原则是: 当前试验急需改良某一性状, 就选择具有某一性状的优良单株作亲本。标准是: 这一性状必须与双显性性状结合, 为重点组合中分离出的特优单株, 一般入选率 0.1% 以下。

#### 1.4 幼穗分化观察

1992ö1993和1993ö1994年度试验分别为32个品种(系)和18个品种(系)的2个播期、2种密度、2次重复的随机区组设计。试验分别从2月26日和2月28日起, 每5天采样苗1次, 到4月上旬止。每品种(系)采苗10株, 室内解剖后, 取5个完整主茎幼穗在解剖镜下进行观察。参照文献[13]小穗分化形态图, 按众数确定发育阶段, 幼穗分化以二棱期为分化始期, 以顶端出现期为分化终期。两年度分别观察幼穗1280个(为单因素)和5760个, 求其品种分化始期和顶端小穗出现期的平均值, 分别获得64个和288个观察值。幼穗分化速率为分化出的小穗数目与分化期天数的比值。分化速度的快慢以速率平均值( $\bar{X}$ )加减标准差(D)确定,  $\bar{X} + 1D$  为分化快的基因型值的下限,  $\bar{X} - 1D$  为分化速率慢的基因型值的上限。

各年试验调查数据均在西北农业大学计算机中心应用 FACOM M 340S 终端及其数据处理软件包 ANALYST 的统计分析程序进行处理。

## 2 结果与分析

普通小麦小穗数一般为18~20个, 创造的多小穗基因型新种质, 小穗数为23~38个, 比常规穗类型小穗增加3~18个, 即15%~90%, 形成了小穗数不同, 冬春性不同, 植株高度不同, 成熟期不同的5个多小穗大系统类型9个多小穗新种质(见表1)。9个新种质除表1列出以外, 还有892121、89821、8911、911等。

### 2.1 发现普通小麦中存在着显性可增性小穗基因

这里的显性是指较多小穗亲本与正常小穗亲本杂交, 其  $F_1$  代为倾“多”亲本性状遗传。可增性是指在同一组合中, 其子代小穗数比亲代增加的现象(见表1)。在第一次阶梯杂交试验的132个组合中, 发现85509324 × 85选1和85509324 × 78(6)922两组合  $F_1$  群体小穗数高达24个(称基本组合)。两基本组合  $F_1$  小穗性状表现为倾“多”遗传,  $F_2$  小穗数目增加幅度较大, 从24个增加到28个。表明供试亲本85509324在小穗数方面具有不同于常规小麦小穗数的遗传方式, 受多基因控制, 是具有可增性遗传潜力的基因型。在第二次双显性阶梯杂交试验中(见表1), 组合8913,  $F_1$  小穗性状为显性遗传,  $F_2$  小穗数分离较大, 出现超亲遗传, 从该组合中选出3种类型: 一是891322中、早熟类型(26~27小穗), 二是891321(30小穗)较晚熟类型, 三是891324(25小穗)耐密植的多穗类型。第二、第三两次杂交试验结果证明了第一次试验的结果。

在表1中, 不同组合小穗数目的超亲, 在不同的分离世代均可出现, 组合不同或基因型不同, 分离世代的长短不同, 且不同世代小穗数目超亲在数量级的增加方面亦不相同。组合931为多小穗与正常穗杂交,  $F_1$  为倾多遗传,  $F_2$  小穗分离范围扩大, 出现了30个小穗基因型, 达到亲本891321的小穗水平,  $F_3$  分离出高达37个小穗的基因型。在组合895中,  $F_3$  分离出35个和36个小穗的基因型,  $F_4$  分离出38个小穗的个体。这说明供试多小穗种质通过基因重组和互作决

随着小穗数的增加, 显性和可增性是它不同于其它种质(品种)所具有的显著特性之一。

表1 亲本及杂种后代小穗数变化情况

Table 1 Spikelets of parents and its posterities

亲本和组合名称 Parents and crosses	抽穗期 Heading	小穗数 No. spikelets				杂交次数 Cross time
		P	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	
85选1( )85 Xuan1	早 Early	20				
85509324(fi )	晚 Late	24				第一次杂交
87103	早 Early		24	20~ 27	24~ 28 7	First time
78(6)922( )	极早 Most early	18				
85509324(fi )	晚 Late	24				第一次杂交
88原163 88yuan 163	早 Early		24	18~ 28	24~ 26 8	First time
特大穗麦( ) Big spike wheat	早 Early	24				
87103F <sub>2</sub> (fi )	晚 Late	27				第二次杂交
895	中早 Little early		28	23~ 30	23~ 36	Second time
88原16329( )88 yuan 163	早 Early	23				
8710322(fi )	中早 Little early	28				第二次杂交
8913	中早 Little early		29	22~ 30	25~ 30	Second time
891321( )	中晚 Little late	30				
8567(fi )	中早 Little early	20				第三次杂交
931	中早 Little early		22~ 27	25~ 30	25~ 37	Third time
981321( )	中晚 Little late	30				
891322(fi )	中早 Little early	25~ 27				第三次杂交
941	中早 Little early		22~ 30	25~ 35	25~ 35	Third time

## 2.2 多小穗种质晚熟成因分析

将小麦从播种到成熟, 按二棱期, 顶小穗形成期, 抽穗期, 开花期和成熟期分为五个阶段和一个全期, 进行发育阶段研究。

1992ö1993和1993ö1994两年度试验, 小麦生长和发育各阶段间的相关系数值高度相关( $r = 0.787$ )。播种至二棱期( $X_1$ )与播种至成熟期( $X_6$ )呈正相关,  $r$ 值分别为0.4146和0.3855。也就是说, 播种至二棱期经历天数长的品系(种), 其全生育期亦长, 成熟即晚; 反之, 播种至二棱期经历天数少的品系(种), 其成熟就早。播种至二棱期( $X_1$ )与二棱期至顶小穗期( $X_2$ )呈负相关( $r = -0.6418$ 和 $-0.5931$ ), 即播种至二棱期时间(天数)长的品系(种), 其二棱至顶小穗期的时间较短。二棱期至顶小穗期( $X_2$ )与顶小穗至抽穗期( $X_3$ )呈负相关( $r = -0.3923$ 和 $-0.3759$ ), 并与抽穗至开花期( $X_4$ )呈正相关( $r = 0.3824$ 和 $0.3131$ )。这说明(较)多小穗小麦二棱至顶小穗发育时间长的品系(种), 其顶小穗至抽穗的天数相应的少, 穗发育较快; 顶小穗期至抽穗期( $X_3$ )与抽穗期至开花期( $X_4$ )呈负相关( $r = -0.4015$ 和 $-0.4762$ ), 即顶小穗期至抽穗期时期长的品系(种), 其抽穗期至开花期( $X_4$ )时间就短。

进一步将两年幼穗分化数据进行逐步回归分析和通径分析结果表明, 1993年的回归方程  $Y$ (全生育期, 即 $X_6$ ) =  $35.034 + 0.8910X_1 + 0.9782X_2 + 0.8050X_3 + 0.6558X_4 + 0.6558X_5$ , 1994年回归方程为  $Y$ (全生育期, 即 $X_6$ ) =  $1.00X_1 + 1.00X_2 + 1.00X_3 + 1.00X_4 + 1.00X_5$ (观察值为144个)。这表明各生长和发育阶段的长短对全生育期的长短均较重要。其中, 播种至二棱期( $X_1$ )和二棱至顶小穗期( $X_2$ )对全生育期( $X_6$ )的影响为最大, 通径系数值分别为1.4332与1.

2325 和 1.3514 与 1.0526, 均比相关系数值大的多。可以认为(较)多小穗小麦生长期长度的影响, 是随着生长和发育阶段的增进, 而影响效果依次减弱。播种至二棱期的长度反映了品种营养生长的长度; 二棱期至顶端小穗期的长度反映了生殖生长第一阶段的长度。这两个阶段较长是(较)多小穗小麦抽穗晚, 成熟迟的原因所在。显然, 缩短播种至二棱期的天数, 提高二棱至顶端小穗期的分化速度, 是促进(较)多小穗小麦成熟时期提早的关键所在。

## 2.3 多小穗新种质的幼穗分化

### 2.3.1 单因素处理下的幼穗分化

小麦生长锥伸长到顶端小穗出现是决定小穗数的重要时期。从表2可见, 1992ö1993年度, 3性状较多小穗类型比对照分别增加9.26%, 33.47%和21.73%。可见(较)多小穗基因型形成(较)多小穗数是由分化历期的增长和分化速率的加快所致。进一步分析可知, 分化天数的增加可多分化2-3个小穗, 分化速度加快可多分化4-7个小穗, 说明分化速度加快的作用大于天数增加的作用。增加天数效应与提高速率的效应之和(7.0)大于(较)多小穗比对照增加的小穗数(6.6), 说明天数和分化速率之间存在负相关( $r = -0.4425$ )。将(较)多小穗类型同一组合内不同小穗数目的品系再分为相对较多和相对较少两类进行比较(见表2), 前者具有较高的分化速率值(0.882), 后者具有较低的分化速率值(0.777)。在分化历期上, 后者比前者长0.43 d, 但小穗数及其分化速率前者比后者分别增加12.07%和13.51%。说明(较)多小穗基因型间小穗数目差异主要由幼穗分化速度的不同所引起, 其小穗数目随分化速度的加速而增多。

表2 两种类型的幼穗分化率

Table 2 Rate of spikelet initiation of types with regular and more spikelets in wheat

类型 Types	n		分化天数(d) No. day of initiation		小穗数(s) No. spikelets		分化率(söd) Rate of initiation	
	1993	1994	1993	1994	1993	1994	1993	1994
CK	4	2	29.00	29.00	19.75	18.35	0.681	0.643
较多小穗 More spikelets	28	16	31.79	29.00	26.36	25.97	0.829	0.896
$\bar{X}$	32	18	31.44	29.01	25.53	25.12	0.812	0.867
$D$	32	18	3.0097	0	3.2809	3.5921	0.1201	0.1539
较多CK MoreCK			2.79	0	6.607	7.62	0.148	0.253
+ %			9.62	0	33.47	41.53	21.73	39.34
相对较多小穗 More spikelets	14	8	31.57	28.41	27.86	26.69	0.882	0.939
相对较少小穗 Fewer spikelets	14	8	32.00	29.64	24.68	25.49	0.777	0.860
较多2较少 More2fewer			-0.43	-1.23	3.0	1.2	0.105	0.079
± %			-1.36	-4.33	12.07	4.7	13.51	9.19

### 2.3.2 多因素处理下的幼穗分化

多因素处理下(1993ö1994), 播期间、密度间和播期×密度互作效应间, 在幼穗分化的天数、分化的小穗数和分化速率三方面的差异均达到极显著水准。早播可延长幼穗分化天数(31.8-26.3=5.55), 增加小穗分化数目(25.5-24.8=0.7), 但降低幼穗分化速率(0.969

- 0.808 = 0.16)。高密种植可延长幼穗分化的历期, 约1.89(29.97- 28.08)d, 减少幼穗分化的数目1.1(24.57- 25.67)个, 降低幼穗分化速率0.107(0.834- 0.914) $s\ddot{o}d$ 。

品种 $\times$ 播期的相互作用说明, 不同品种应有不同的播种时期, 应因种而异, 于最佳时期播种, 获得较长的幼穗分化时间, 以较高的幼穗分化速度获得较多小穗数目。

在幼穗分化的速率方面, 晚播低密度下的互作效应反映了(较)多小穗品系(种)具有较好的自我调节能力, 在晚播特别是稀播情况下, 能通过加速发育来达到增加小穗数而形成大穗, 其幼穗分化的加快又相对提早了成熟期, 表现为耐晚播。

就全试验平均而言(见表2, 1994), (较)多小穗类型与正常穗类型幼穗分化的天数相同, 但前者在分化出的小穗数目和分化速率两方面分别提高41.53%和39.34%。这说明(较)多小穗类型小穗数目( $Y$ )的增加, 完全是分化速率( $X$ )增加的作用( $Y = 13.7343 + 12.8381X$ )。

在多少小穗同一组合内, 较多小穗类型和较少小穗类型相比较, 小穗数目的差异主要由穗分化速度的不同所引起, 其小穗数随分化的加速而增多, 这与单因素试验结果相一致。

## 2.4 多小穗小麦产量构成因素

### 2.4.1 相关和通径分析

1992~1993年18个品种(系)的15个性状与小区产量的相关和通径系数结果表明, 小区穗数( $X_4$ )、穗粒数( $X_5$ )对小区产量的相关系数为正值(0.2936和0.1811), 通径系数值高达1.6299和1.4727, 是15个性状中通径系数值最大的性状。它们分别为产量三要素中的两个因素。这表明穗数是(较)多小穗小麦产量因素中最重要的基础因素, 只有达到足够而合理的单位面积穗数, 才能适应大面积生产条件和栽培技术水平要求, 实现稳产高产。(较)多小穗小麦其产量第二因素的提高主要是结实小穗数的增加( $r = 0.6215$ ), 进而提高了单穗粒重( $r = 0.5273$ )。千粒重( $X_6$ ), 单株产量( $X_9$ ), 单穗粒重( $X_{12}$ )三性状与小区产量的相关系数(0.2550, 0.3264和0.3008)较高, 通径系数更高(分别达到0.8320, 0.6582和0.7190)。其中千粒重的提高与每千粒日灌浆量( $X_{13}$ )关系密切, 两者相关系数为0.9112。小麦开花后籽粒灌浆时间长, 可相对提高千粒重, 但本研究的(较)多小穗小麦千粒重的提高主要靠提高每千粒日灌浆速率。这是一种遗传改良, 对(较)多小穗小麦来讲, 这种改良尤为重要, 它是提高小区产量和解决籽粒不饱满问题的一个重要进展。上述五性状对小区产量有高的直接通径系数, 充分反映了它们对小区产量的作用。其中, 小区穗数、每穗粒数和千粒重三者正是单位面积产量之积, 它们具有很高的直接通径系数值, 且依次降低, 充分反映了(较)多小穗新种质在穗、粒、重三方面不可偏废的重要性和协调发展的生态适应性。

### 2.4.2 产量因素组成

小麦产量是高产品种与高产栽培条件共同作用的结果, 不同类型的品种具有不同的高产栽培措施, 供试(较)多小穗新种质, 1993~1997年度的品种比较试验结果表明, 通过增加小穗数能够有效提高单穗粒重和品种(系)产量, 增产幅度可达15%~25%。如多小穗品系89112621, 1992~1993年度为456 kg/667 m<sup>2</sup>, 比对照品种小偃6号364 kg/667 m<sup>2</sup>增产25.3%; 1993~1994年度产量达577 kg/667 m<sup>2</sup>, 比对照420 kg/667 m<sup>2</sup>增产24.7%。1993~1994年度144个小区中有10%的小区产量超过500 kg/667 m<sup>2</sup>, 891323早播高密度下产量为613 kg/667 m<sup>2</sup>, 比对照增产46%。1994~1996年度的品种比较试验结果进一步表明, 多小穗新种质891322随播种密度从8万粒/667 m<sup>2</sup>到24万粒/667 m<sup>2</sup>, 产量逐渐提高, 1996年6月8日专家组鉴定测产最高达678.9 kg/667 m<sup>2</sup>, 比对照陕229增产48.35%。这表明创造的多小穗新种质具有10 t/667 m<sup>2</sup>的

高产潜力。但该类型属单株分蘖较少的弱冬性或半春性类型,栽培上以提高播种量来增加基本苗,保证冬前群体茎数和单位面积穗数。这说明其尚需提高广域适应性。在选择上,重视分蘖成穗率,提高自我调节群体的能力,达到成穗450万 $\text{öhm}^2$ ,每穗粒数50粒以上,千粒重42g以上的因素组成,方可实现稳产9.0 $\text{töhm}^2$ 以上的产量水平。

## 2.5 多小穗小麦的灌浆性能

1991 $\text{ö}$ 1992和1992 $\text{ö}$ 1993年分别以65个品系的14个性状和18个品种(系)的16个性状进行主成分分析结果表明,在以单株为对象(1991 $\text{ö}$ 1992)时,四个主成分分别为株穗数、日灌浆量、小穗数和籽秆比;在以小区产量为对象(1992 $\text{ö}$ 1993)时,三个主成分分别为株穗数,单穗日灌浆量和千粒重。此中,株穗数为第一主成分,随株穗数的正向选择,株粒数、单株产量相应提高;随单株(单穗)日灌浆量的正向选择,单株(穗)粒重及生物学产量相应提高。日灌浆量为第二主因子,对单株(穗)生物产量和经济产量的提高起主导作用。供试(较)多小穗品系日灌浆量变异性的扩大是遗传改良对生理功能改善的表现。分别以单株日灌浆量( $X_{14}$ )和单穗日灌浆量( $X_{13}$ )为因变量建立最优回归方程:

$$X_{14} = 0.762298 - 0.00059X_3 + 0.03494X_6 - 0.00299X_9 - 0.31390X_{10} - 0.011105X_{12}$$

$$X_{13} = 0.076504 + 0.00019X_5 + 0.00015X_7 + 0.02519X_8 - 0.00248X_{12}$$

进入回归方程 $X_{14}$ 的5变量中,小穗数( $X_3$ ),总生物量( $X_9$ )、籽秆比( $X_{10}$ )和灌浆天数( $X_{12}$ )4个性状为负效应,唯有株粒重( $X_6$ )为正效应。进入回归方程 $X_{13}$ 的变量中,千粒重( $X_5$ )、单穗粒数( $X_7$ )和单穗粒重( $X_8$ )3个性状为正效应,灌浆天数( $X_{12}$ )为负效应。

从两方程可知,影响单穗日灌浆量的性状主要是穗部性状,其中单穗粒重的作用最大( $b = 0.02591$ );影响单株日灌浆量的性状除穗部性状外,还有生物产量( $X_9$ ),其中株粒重( $X_6$ )作用最大。可见单株日灌浆量比单穗日灌浆量的遗传改进难度大。灌浆天数( $X_{12}$ )对方程 $X_{13}$ 和 $X_{14}$ 均有影响,随灌浆天数的延长,日灌浆量减少。在两个方程中,单株粒重( $X_6$ )和单穗粒重( $X_8$ )与日灌浆量均呈正相关,说明供试(较)多小穗新种质类型的光合产物及其流量与光合积累量三者能够协调改进和提高。

## 3 问题与讨论

### 3.1 完善和形成多小穗新种质拓建的新方法

我们在总结前人工作的基础上,探索小麦多小穗种质创造和选育新方法。在创建多小穗目标基因型时,多次应用相对少小穗早熟类型 $\times$ 相对较多小穗晚熟类型杂交的各种组配方式,提高目标性状累积的速度和出现超亲的机率,使育种材料的小穗数从24个经过三次杂交和选择提高到38个,逐步完善和形成了双显性阶梯式增小穗育种方法。目标性状随杂交次数和选择世代的增进而增加,每杂交一次即可获得比亲本小穗增多的新类型,这反映了增小穗育种方法设计的合理性与具体杂交组配方式的切实可行性。其中显性可增性多小穗基因的发现是基础。新种质通过基因重组和互作,决定着小穗数增加,显性是它所具有特征之一。

在增小穗育种方法中,早熟亲本的选用是关键。在亲本选配时,强调早熟、特早熟亲本的作用,特别是光周期反应不敏感的亲本,使晚熟种质缩短春化阶段的历程,提早进入光照阶段,进行幼穗分化,扩大后代群体幼穗分化历程,分化出更多的小穗数目。这样早、晚熟基因型间遗传物质的交流,产生出了幼穗分化率比对照品种增加21.73% (1993)和39.34% (1994)的新基因型。这表明较多小穗新种质幼穗分化率提高,既直接增加了自身的小穗数

目,又保证了正常抽穗,直接解决其晚熟问题。创造的新种质幼穗分化率高,早熟性好,明显优于国内外多小穗幼穗分化率低的晚熟种质,而接近于生产应用的熟性,是它所具有第二特性。

重视分离世代早熟性的选择是我们少走弯路,获得早熟(较)多小穗类型成功的保障,即选择小穗幼穗分化率高的基因型,才能获得新种质小穗数目的遗传改良。在分离世代选择(较)多小穗目标性状时,我们一方面注重选择小穗数超亲的新类型——拓建小穗基因库;另一方面更加重视早熟性的选择——拓建早熟基因库。早熟牵动着多小穗育种的成败,选择早熟类型是使创造新种质向选育优良品系过渡的转折点。因此,我们把选择早熟性与早亲相近而小穗数比早亲增加的基因型视为增小穗育种的一个重要选择标准和目标。其具体做法是拟定4月20日前抽穗为早抽穗类型,若冬春性相同,则在早抽穗类型中选择小穗数多的基因型,一般幼穗分化速率高。同理拟定6月8日前成熟为早熟类型,若冬春性相同,则在早熟类型中选择小穗数多的基因型,一般具有幼穗分化速率高和籽粒灌浆速度快两个特点。小穗数的增加以15%为宜,在选择操作时应特别强调执行拟定的成熟期和小穗数增加百分比。否则,会被晚熟特大麦穗冲昏头脑,将晚熟多小穗类型大量入选,而将早熟较多小穗类型淘汰,失去建拓早熟多小穗基因库的机会。新的小穗数增加的早熟类型,又是下一次阶梯杂交的早熟亲本,如组合8913中的早熟亲本88原163。

### 3.2 选育出接近生产利用的(较)多小穗早熟新品系,初步解决了多小穗种质籽粒不饱满问题

晚熟是多小穗种质的首位严重缺点。本研究利用显性可增性多小穗基因和早熟种质杂交,当晚熟的多小穗基因与早熟的基因重组后,在早熟基因的启动下,一方面提早进入光照阶段进行幼穗分化,增加幼穗分化的历期,一方面增强幼穗分化的强度,使小穗分化的数目增多;同时相对保持原生态类型的基本特性,正常抽穗。第一次杂交获得早熟品系88原16327主穗有小穗23~24个,成熟期同于小偃6号,粒较大,千粒重46 g。在生产上示范产量为450~500 kg/667 m<sup>2</sup>。第二次杂交选育出中、早熟品系891322,主穗有小穗25~27个,成熟期同于小偃6号,白粒,千粒重42 g,粒饱。第三次杂交组合941中,选出抽穗期和开花期早于对照品种陕229,而基因型达到30个小穗数的品系。三次杂交的结果表明,多小穗与晚熟相连锁,并非不可改变。供试新种质不但打破了小穗多与成熟期晚的矛盾,获得可应用于生产的中、早熟品系,而且每杂交1次,小穗数相应递增,使早熟与大穗多粒统一起来。这是供试新种质所具有的新特点。

籽粒不饱满问题是多小穗种质的第二大缺点,本研究在有限的种质内,首先解决了23~25个小穗的籽粒不饱满问题,随后又分别解决了27和30个小穗种质的籽粒不饱满问题。这里特别需要一提的是895等组合具有35~38个小穗的品系,尽管很晚熟,但其籽粒饱满度仍然是良好的。这类材料难能可贵,可称之为稀有珍贵种质。本试验表明在增小穗育种中,随着小穗数目和株穗数的增加,日灌浆量的变异性增大。为解决小穗增加后籽粒饱满问题提供了遗传变异选择的机率。增加小穗数可增粒增重,扩大籽粒库容体积及穗部绿色光合面积。提高日灌浆量可提高籽粒库贮存量,这对单株生物学产量和经济学产量提高起支配性主导作用。途径分析和逐步回归分析结果表明,提高生物学产量是提高穗粒重的基础,不容忽视;增加粒数,扩大库容体积纳入更多光合产物是提高穗粒重的主要条件;提高日灌浆量,实现流畅量大是粒大粒饱提高穗粒重的保障。在多小穗类型中,选择日灌浆量高的基因型,是选



择其光合流畅的一种形式,对解决其籽粒普遍不饱满问题有着重要的指导作用。育种上,提高灌浆量应从提高单穗粒数和粒重入手,扩大籽粒库容器官的体积及贮存量,选择粒多、粒大、灌浆天数少的基因型,即粒大与粒饱相协调的早熟类型。供试新种质籽粒库大,光合流畅,日灌浆量高是其具有的第三个特性。

### 3.3 提出多小穗超高产育种的策略

按阶段性和综合性的原则进行增小穗育种,创造新类型。阶段性是指小穗数目以25、30、35、40、45……为系列,分级别分阶段来拓建,使其穗部诸性状的变异性逐渐扩大,达到提高穗部生产力目的的基本框架。综合性是指对各阶段选出的新种质在小穗数目、早熟性、籽粒饱满度和抗病性4个基本性状方面同时进行综合性改进,依次提高各阶段培育的新种质的优良适应性,使其实现丰产性而成为育种的良好亲本材料,进一步创造新品种。这样形成近、中、远期多小穗种质库,为高产育种提供丰富的物质基础。

以早熟性与多小穗相结合为重要主攻目标,进行增小穗育种。把创造新种质与选育新品种作为多小穗育种的因果键,紧密结合起来。从亲本选配到分离世代选择,始终把早熟性视为增小穗育种创新的焦点与综合性提高的重要主攻目标,缩短种质创新到应用于生产之间的距离。

## 参 考 文 献

- 1 郑有良,颜济,杨俊良 作物学报, 1994, 20(5): 537~ 541
- 2 H. B. 齐津 李特特等译 多年生小麦 北京: 农业出版社, 1982 147~ 148
- 3 Svetka Koric S. In: *Proceedings of the 2nd International wheat conference* Zagreb Yugoslavia 1975. 133~ 144
- 4 卢宗凡,苏敏 见: 庄巧生,王恒立主编 小麦育种理论与实践的进展 北京: 科学普及出版社, 1987. 45~ 52
- 5 Pennell A L, GM Halloran *Euphytica*, 1983, 32(3): 767~ 776
- 6 Klindworth D L. *Genane*, 1990, 33(4): 265~ 272
- 7 Rahman M S, GM Halloran, J H W ilson. *Crop Sci* 1997, (17): 296~ 299
- 8 Millet E. *Plant Breeding*, 1986, (96): 256~ 270
- 9 罗鸿溪 作物杂志, 1991, (3): 9~ 10
- 10 颜济 见: 庄巧生,王恒立主编 小麦育种理论与实践的进展 北京: 科学普及出版社, 1987. 513~ 518
- 11 Foltyn J, K Toman. *Sbornik UVTIZ, Genetika a Slecht ni* 1987, 23(1): 41~ 47
- 12 Millet E. *Proc. 6th Int. Wheat Genetics Symp.*, Kyoto, 1983, 623~ 628
- 13 徐是雄,朱澄编著 小麦形态和解剖结构图谱 北京: 北京大学出版社, 1983. 83~ 93