

春小麦种质资源十个数量性状遗传相关的研究*

陈洪文 祁适雨 韩龙珠 于世选 宋凤英

春小麦(以下简称小麦)在我省栽培有较长的历史。在长期自然变异和人工选择条件下,境内各地品种类型繁多,资源丰富。据初步统计,近百年各地大面积栽培的品种有149个之多,其中三十、四十年代经引种,系选、杂交育成品种13个,建国后引种、杂交育成92个,按生态类型可分为抗旱、耐湿、喜肥水及早熟类型。本研究的目的为:

1.通过方差分析,在估算育成品种主要数量性状遗传力、遗传相关、遗传进度等基础上,进一步揭示了我省不同时期主要品种数量性状的遗传相关背景,从理论上为遗传育种提供了重要遗传参数值;2.通过数学较新的统计工具——多元分析进行主成分分析及遗传距离的测定,筛选出综合性状突出的资源,作为优良杂交亲本;3.进行聚类分析,把供试59个品种划为4类。研究指出,类内及类群间的差异为选配亲本提供了科学依据。现将我们1980年小麦生态试验结果初步分析如下。

一、试验材料及方法

1. 试验材料

选取本省各地区不同时期推广、具有代表性品种59个,其中抗旱类型为39个,耐湿、喜肥水、早熟类型分别为11、5及4个。其亲本,请参见黑龙江农业科学,东北春麦区小麦品种系谱及其主要育种经验,黑龙江

农业科学,1981(5)、1982(2)或黑龙江省农作物品种志有关小麦品种部分。

2. 方法

采用随机区组法、重复4次,株行距为 $(50+20) \times 5$ 公分,行长1米,双行单粒点播。前茬为大豆匀地。三叶、拔节期,在Ⅱ及Ⅳ重复内分别施入尿素10斤/亩,区组间差异显著。成熟前,每重复内每个品种随机选取11株,考种10株。属本文研究的调查项目有小区产量、株高、穗长、单株粒重、单株穗数、单株粒数、主穗粒数、主穗粒重、结实小穗数、千粒重等10项与产量有关因子。

3. 统计分析 & 数据运算

(1)以单株及小区为单位根据赤藤克己所采用的方差、协方差模式,分别计算出每个性状的方差及每两个性状间的协方差。

(2)根据公式 $r_{gij} = \frac{\sigma_{gij}}{\sqrt{\sigma_{g_i}^2 \cdot \sigma_{g_j}^2}}$,计算每

两个性状之间的遗传相关系数。

(3)遗传相关贡献,即第*i*个数量性状的遗传相关信息与总遗传相关信息的比值,公式为:

$$\frac{\sum_{j=1}^n r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}^2}$$

(4)根据遗传相关系数列出遗传相关矩阵,为一实对称矩阵。

* 参加此项研究工作的还有白瑞珍、于光华、徐国峰、周晓震、刘景松等人。本文由祁适雨、韩龙珠执笔。

$$R = \begin{Bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \cdots & r_{nn} \end{Bmatrix}$$

(5) 用 Jacobi 法将以上实对称矩阵通过相似变换, 变成一个相应的对角矩阵, 并求出它的特征根 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 及特征向量 I_1, I_2, \dots, I_n 。

(6) 主成分分析, 从特征根 λ 中, 选取几个较大的特征根及其相应的特征向量, 使其累计率在 85% 左右, 然后按下列公式求出第一、第二、第三等主成分。

$$\tilde{g} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} (a l_{11} + b l_{12} + c l_{13} + d l_{14} + \dots)$$

$$\tilde{g} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_2}} (a l_{21} + b l_{22} + c l_{23} + d l_{24} + \dots)$$

$$\tilde{g} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_3}} (a l_{31} + b l_{32} + c l_{33} + d l_{34} + \dots)$$

其中 a, b, c, d, \dots 表示亲本各性状的标准化基因值。

(7) 遗传距离计算, 每一品种的每一主成分值可以组成一个主成分值向量, 每两个品种的每两个主成分值向量间的距离平方和, 即可为两个品种间有关性状的遗传距离,

其公式为:

$$D_{ij}^2 = \sum_{k=1}^{n'} (\tilde{g}_{ik} - \tilde{g}_{jk})^2$$

二、结果分析与讨论

根据计算, 上述 10 个性状的品种间方差大于机误方差, F 值均极显著, 相对误差平均小于 1, 说明品种间差异主要是品种遗传特性决定的, 故可作进一步分析。

1. 遗传相关信息与其贡献

众所周知, 作物的数量性状受微效多基因控制, 各种性状之间存在着不同程度的相关。由于基因间的连锁及交互作用, 对一个数量性状的变化可能引起的各个数量性状的相关变化给予度量, 即称为该数量性状的遗传相关信息。遗传相关贡献, 则是由一个数量性状引起的各个数量性状的遗传相关变化在各个数量性状都变化所引起的全部遗传相关变化的大小。我们分析了供试 59 个品种的 10 个数量性状, 首先求出遗传相关系数, 在此基础上即可代入公式算出各个数量性状的遗传相关信息及遗传相关贡献, 见表 1。

表 1 10 个性状遗传相关信息及其贡献

来 源	单 株 粒 重	主 穗 粒 重	主 穗 粒 数	产 量	结 实 小 穗 数	穗 长	单 株 粒 数	株 高	千 粒 重	单 株 穗 数
遗 传 相 关 信 息	4.794	4.790	4.550	4.412	4.04	3.854	3.764	2.472	2.353	2.107
累 计 遗 传 相 关 贡 献	0.13	0.26	0.38	0.50	0.51	0.71	0.31	0.88	0.94	1.00

遗传相关贡献大的数量性状, 由它的变化, 可能引起其它数量性状遗传相关比较显著的变化; 而遗传相关贡献小的数量性状的变化, 则对其它数量性状的影响较小。在本研究的 10 个数量性状中, 单株粒重的遗传相关贡献最大, 也就是说, 单株粒重是一个“活泼性状”, 由于它的变化, 可以引起其它数量性状比较显著的变化; 单株穗数、千粒重等遗传相关贡献都比较小, 它们的变化, 对其它数量性状的影响则比较小。从相关选

择的观点出发, 在杂交育种中, 就遗传相关贡献大的数量性状选择亲本, 一般说可以使各个数量性状发生较显著的综合性变异, 因而有可能获得强优组合; 而单株穗数、千粒重等在其育种中, 则是经选择即可获得稳定进展的数量性状。

2. 主成分分析

求出上述 10 个性状的遗传相关系数后, 能给出一个 10 阶的遗传相关矩阵。

用 Jacobi 法进行相似变换, 将其遗传相

关矩阵转换成相应的对角矩阵，这是多元统计技术中重要的主成分分析的数学模型。这样就使得原来的互相依存在相关关系的 10 个性状因子转变为彼此独立无关的因子。从

以上遗传相关矩阵计算其特征根(λ_i) 和相应的特征向量 I_1, I_2, I_3, \dots ，使累计率达到 86.9%，入选的特征根及相应的特征向量见表 2。

表 2 特征根、特征根累计%和特征向量

特 征 根 λ_i	5.3798	2.5832	0.9430	分 量 来 源
累 计 %	52.5	77.7	86.9	
特 征 向 量 I_i	0.3900	- 0.1825	- 0.2218	产 量
	0.1682	0.4583	0.5133	株 高
	0.3310	0.1911	0.4833	穗 长
	0.3857	- 0.1524	- 0.0814	单 株 粒 重
	- 0.0978	0.4866	- 0.2538	单 株 穗 数
	0.3275	0.2473	- 0.5311	单 株 粒 数
	0.3229	0.0196	- 0.1439	主 穗 粒 数
	0.3 31	- 0.2133	0.0344	主 穗 粒 重
	0.3529	0.2423	0.1053	结实小穗数
	0.0 51	- 0.5124	0.2302	千 粒 重
主 成 份 名 称 穗部因子(第一主成份)穗数因子(第二主成份)长度因子(第三主成份)				

注：①各特征根的大小代表各综合指标遗传方差的大小。
②特征根的累计率代表各综合指标为总遗传方差所贡献的百分率。
③特征向量表示亲本各性状对综合指标的贡献大小。

表 3 各 性 状 累 计 遗 传 相 关 贡 献

综 合 性 状	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
特 征 根 λ_i	5.3798	2.5832	0.9480	0.7528	0.2708	0.1271	0.0285	0.0237	0.0156	- 0.1215
遗传相关信息 λ_i^2	28.9422	6.6729	0.8892	0.5667	0.0733	0.0162	0.0008	0.0006	0.0002	0.0155
累计遗传相关贡献	77.85	95.80	98.19	99.71	99.91	99.95	99.96	99.96	99.96	100.00

另一种统计方法，从遗传相关信息的可加性可知，见表 3。用遗传相关贡献来估计对应的主成分的贡献，可以使入选主成分的累计遗传相关贡献达到 98.19%，而其中第一主成分综合性状就占了 77.85%。对主成分分析的两种方法，以后者更为准确、合理。

从表 2 看出，第一主成分的特征向量以主穗粒重、主穗粒数的值为最大、其次为小区产量及单株粒重，而单株穗数为负值，说明在供试品种中每穗粒重、粒数多的大穗型品种，是随着粒数、粒重增加，小区产量而增高，但有效穗数则减少。故我们称第一主成分为穗部因子；第二主成分特征向量中，以单株穗数的值为最大，故称之为穗数因子，

向量中的千粒重、主穗粒重、单株粒重及小区产量均为负值，表明供试品种在本地区旱地栽培条件下，随着有效穗数增加，株高叶茂，往往导致千粒重下降，主穗粒重减轻，产量降低；第三主成分的值，主要是株高、穗长提供的，故称为长度因子。

根据本地区自然生态特点和主成分分析来评价品种的优劣，从每穗粒数考虑，第一主成分的值应越大越好，第二、三主成分值应相对较小。

我们根据 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 和相应的 I_1, I_2, I_3 以及品种各性状标准化的基因型值，按前述公式，计算出 59 个品种的第一、二、三主成分 g_1, g_2 和 g_3 ，列于表 1，并按上述标准进

表 4

53 个品种的三个主成分值

代 号	品 种 名 称	穗 部 性 状 因 子 ~ g ₁	穗 数 因 子 ~ g ₂	长 度 因 子 ~ g ₃	注	代 号	品 种 名 称	穗 部 性 状 因 子 ~ g ₁	穗 数 因 子 ~ g ₂	长 度 因 子 ~ g ₃	注
1	勇捷	6.90	5.63	3.84		31	龙麦 6 号	7.53	1.92	4.75	
2	滨南	6.09	4.72	6.02		32	龙麦 7 号	7.58	3.53	6.25	√
3	兰寿	6.56	5.26	4.38		33	龙麦 9 号	7.16	2.64	2.31	
4	克华	7.29	4.30	5.02	√	34	克强	7.17	3.74	4.15	
5	南凤	7.41	3.62	7.09	√	35	克壮	7.12	3.57	5.09	
6	北安大青芒	8.11	4.65	5.45	√	36	克健	7.02	3.45	4.20	
7	甘肃 99	6.42	3.39	4.28		37	克繁	6.75	3.53	4.98	
8	麦粒多	5.86	3.77	5.58		38	克茂	7.54	3.59	3.90	
9	合作 2 号	6.35	2.76	6.13		39	克早 1 号	8.91	2.71	3.09	
10	合作 4 号	6.77	4.40	5.44	√	40	克珍	8.43	3.53	5.79	√
11	合作 6 号	6.46	3.71	4.43		41	克群	8.23	2.81	4.11	
12	合作 7 号	6.37	4.31	4.43		42	克全	9.30	3.08	2.56	
13	松花江 1 号	6.84	4.43	2.47		43	克丰 1 号	8.27	2.14	2.99	
14	松花江 2 号	6.50	3.19	3.62		44	克访 1 号	7.66	2.53	4.99	
15	松花江 3 号	6.31	3.18	4.05		45	克访 2 号	9.66	3.42	3.24	
16	松花江 7 号	5.18	2.18	4.82		46	克访 3 号	7.64	1.99	4.50	
17	东农 101	6.42	3.72	3.52		47	克早 2 号	8.33	2.73	6.14	
18	东农 104	6.93	2.69	5.72		48	锦 107	7.17	2.27	5.39	
19	东农 105	6.97	2.71	5.22		49	克早 5 号	8.01	2.70	5.86	
20	合春 7 号	7.69	2.35	5.65		50	克早 6 号	9.58	3.10	4.04	√
21	合春 11	6.75	2.58	3.33		51	克早 7 号	9.13	3.10	4.00	√
22	合春 12	7.05	1.84	4.30		52	克 69-701	8.22	2.79	3.31	
23	北新 2 号	7.57	4.52	4.73	√	53	克早 8 号	7.21	1.88	5.13	
24	北新 4 号	7.38	1.67	5.25		54	黑春 1 号	7.36	1.89	5.55	
25	龙麦 1 号	8.14	3.11	5.96	√	55	克丰 2 号	7.67	2.61	4.93	
26	龙麦 2 号	7.10	3.19	5.77		56	辽春 4 号	6.27	2.20	2.89	
27	新曙光 1 号	6.43	1.83	5.18		59	垦 149	5.33	1.64	4.23	
28	新曙光 3 号	6.19	2.09	4.26		58	沈 68-71	6.62	1.23	3.58	
29	龙麦 4 号	8.13	2.21	6.23		59	他诺瑞	5.51	1.59	3.85	
30	龙麦 5 号	9.15	1.92	4.72			Σ	7.267	3.020	4.552	
							S	0.978	0.973	1.052	

注：√者综合性状优良种质资源

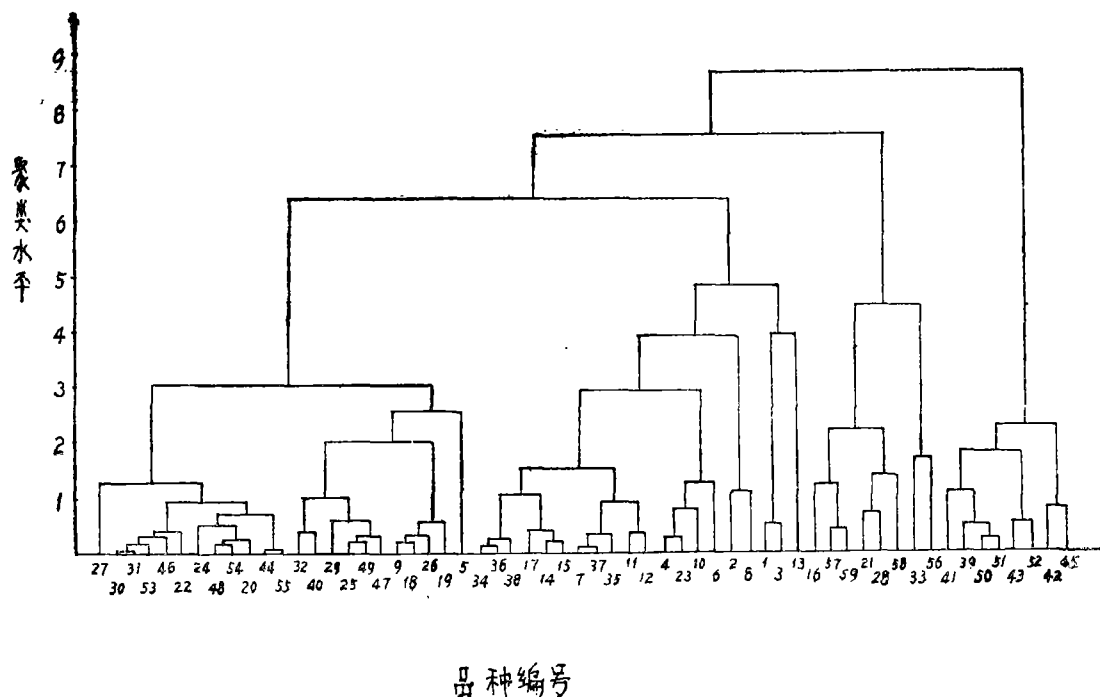


图1 品种聚类分析图

行主成分筛选，克华、南凤、北安大青芒等10个品种可以作为综合性状较突出的优良亲本。这与长期育种实践基本相吻合，如克华等已成为克系重要亲本，有其亲缘或衍生品种多达二十余个。

3. 10个数量性状的遗传距离及聚类分析

每个品种的三个主成分组成一个主成分向量，两个品种主成分向量间的几何距离，

即为这两个品种间数量性状的遗传距离。59个品种的每两个品种的遗传距离 $D^2 = 1711$ 个。根据这些 D^2 值的大小采用系统聚类法逐层计算、逐层归并得聚类图1，类群组成见表5。类群间和类群内遗传距离如表5、图2所示。

结合本地区各育种单位长期科研实践，对上述品种测定的遗传距离及聚类结果作如下讨论：

表5 品种群间、群内遗传距离及类群组成

D^2 (D)	类群	I (23)*	II (20)	III (8)	IV (8)
I	I	2.13 (1.46)			
	II	6.29 (2.51)	2.96 (1.72)		
	III	7.52 (2.74)	7.74 (2.78)	2.94 (1.72)	
	IV	7.91 (2.81)	9.01 (3.00)	9.95 (3.15)	1.55 (1.28)
品种 编号		5、9、18、19、20、22、24、25、 26、27、29、30、31、32、40、 44、46、47、49、53、54、55、	1、2、3、4、6、7、8、10、11、 12、13、14、15、17、23、34、 35、36、37、38	16、21、28、33、56、57、58、 59、	39、41、42、43、45、50、 51、52、
合计		23	20	8	8

* 括号内数字为类内品种个数。

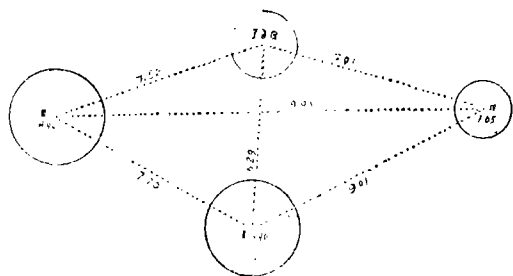


图2 类内及类间遗传距离示意图

(1) 亲本选配是杂交育种的成败关键。

人们在长期的育种实践中，在这面积累了不少宝贵经验，如双亲性状互补、基因重组、亲缘关系、地理或生态远缘杂交等，有些已被公认为育种上选配亲本的重要原则。但是，由于构成产量因素的复杂性，仅根据表型或“籍贯”进行选配亲本，往往不易做到完全符合育种目标。近年，多元分析法在国内外开始应用于遗传育种上，并被专业育种工作者所接受。用这种方法测定与产量有关的数量性状的遗传距离，可以作为衡量两亲本遗传差异的一个遗传参数值，在种质资源的研究上，还可以剔除环境条件的影响，用数字的概念来表达种质间相互遗传上的差异。

(2) 从育种角度，无论采用或系选、或引种、或杂交育种等等途径，都要考虑品种生态型及其适应性的问题。品种的多样性反映出环境条件的复杂、栽培条件及生产水平的差异。但是，“物以类聚”，品种亦是如此。从本文聚类分析表明，四种类群间的遗传差异显著大于类群内的遗传差异。由此得知，在杂交亲本选配时，对主要数量性状选择上一般不应在类群内而应在类群间进行。本试验计算出四个类群间的6种可能组合的平均遗传距离， $D^2 = 8.07$ 。故选择亲本的标准，应在类群间遗传距离不小于类群间平均遗传距离的类群间为宜。研究表明，满足这个标准的类群有Ⅲ与Ⅳ，Ⅱ与Ⅳ。分析本地区三十余年育成92个优良品种的系谱指出，从类群间遗传距离差异大的进行组配亲本，其遗传基础丰富，基因重组、双亲性状互补，可以育成产量性状因子超亲的高产品种。“克”

字号品种，自从1958年推广克强、克壮以来，先后在生产上推广了35个具有不同生态特点的优良品种。分析这些品种亲本组成，可以看出首先通过类群内品种间杂交，提高了杂种抗锈性，很快育成了一批适于不同地区种植的抗锈稳产良种。进而，在此基础上从事类群间杂交，不仅育成了突破性超亲高产品种，而且创造出了新的类群Ⅳ，丰富和扩大了本地区小麦种质资源的物质基础。

(3) 类群内的 D^2 值小，而且Ⅱ>Ⅲ>Ⅰ，以Ⅳ为最小，仅有1.65。说明类群内与产量有关性状的遗传差异最小。克群与克全，克早6号与克早7号同为姐妹系，在其产量构成上无明显差。克早2号与克早5号，克早6号与克早7号虽属同一组合的抗旱类型品种，却分属不同类群Ⅰ及Ⅳ。这表明，即使同一组合，由于亲本性状差异大和选择方向不同，其后代可有较大的遗传变异。从类群Ⅱ中进一步分析指出，当地系选种，国外引入种及其杂交种同归一个类群内，其与产量有关的10个性状基本相似，表明亲本的地理分布与其遗传差异无直接联系。但是，在生产上五十年代推广的抗锈、耐锈甘肃96、麦粒多、“松花江”号、“合作”号等品种代替了感锈、秆弱、但抗旱、适应性强的地方品种，如克华、滨南、大青芒、火麦子等，六十年代推广的克强、克壮、东农101、北新2号等品种取代了五十年代抗、耐锈品种。这主要表现在抗病、灾力上有所提高，在生育后期耐湿性、产量稳定性上有明显改进。从类群Ⅰ中，类群内品种数较多，但生态类型不同，在抗病、抗逆性上有较大的差异。类群Ⅲ和Ⅳ内，分别为早及中早、中晚熟两大类熟期不同的品种群，类内品种间在抗病、灾力及适应性上各有不同，其中松花江7号在东部三江平原地区生产上长达二十余年，突出表现了年度间千粒重变化不大，产量稳定。克早6号在各地均有分布，适应性强，抗旱、耐湿，常平单产400斤左右，现推广面积达500万亩以上，在吉林，内蒙呼盟等地

亦有大面积栽培。

(4) 类群Ⅲ同类群Ⅳ一样是在新的历史条件下涌现出一批以早熟及中早熟品种为主的新类群。这批材料不仅具有生育期短, 以适应北部及东部地区品种搭配及南部复种的需要, 而且在粒重、小穗粒数以及与产量有

关的诸性状上均有许多共同特征、特性。实践表明, 类群Ⅲ与Ⅳ配制的杂交组合, 多数表现出熟期居中, 丰产性状突出、抗逆、抗病性强、有望育成一批生产急需的中熟抗病、优质、高产、适于机械化栽培的新品种。

玉米自交系的感温性及其对生育期的影响*

栗振镛 高宪章 (黑龙江省农业科学院作物育种所)
赵永涛 曹天昌 (黑龙江省农业科学院绥化农科所)
常 刚 (黑龙江省海伦县农业科学研究所)

一、研究目的

大气温度的高低和活动积温多少, 直接影响玉米生长发育的快慢和生育期的长短。黑龙江省地处高纬度, 无霜期短, 活动积温少, 特别是年际间气温波动的幅度大, 严重影响玉米的稳定增产。为探索在有限的生育期间、有限的热量资源的栽培环境内, 不同玉米材料在遭遇低温侵袭后生育期长短受到的影响程度, 借以筛选对低温反应不敏感的

耐低温的育种材料, 1970 年我们曾对一些玉米自交系在哈尔滨和在海伦镇的生育期变化情况进行过对比; 1972 年又对一些材料在低温年和在正常年的生育期变化程度进行分析, 发现不同玉米材料在气温较低地区和低温年份的生育期推迟程度有一定的规律性。因而设想, 在没有人工气候控制设备的当前条件下, 利用不同地理条件的气温差异来筛选感温性不敏感的育种材料是可行的。因此, 设计了本联合鉴定研究。

表 1 玉米材料在不同气温条件下的物候反应 (1979 年)

生育阶段	鉴定项目	哈 尔 滨			绥 化				海 伦				
		起止日期 (月、日)	天数	积温℃	天数	积温℃	较哈 天数	较哈 积温℃	起止日期 (月、日)	天数	积温℃	较哈 天数	较哈 积温℃
播种至出苗期		5.7~5.22	15.1	507.3	15.3	109.6	+0.2	-8.2	5.7~5.23	16.7	213.0	+1.5	+5.2
出苗期至抽丝期		5.22~7.19	58.4	1253.9	58.7	1224.3	+0.3	-32.3	5.23~7.31	69.8	1491.6	+10.1	+14.7
抽丝期至成熟期		7.19~8.26	38.2	807.0	36.4	732.7	-1.8	-74.3	7.31~9.19	49.9	821.7	+11.7	+19.7
播种至成熟期		5.7~8.26	111.7	2271.7	110.9	2156.6	-0.8	-115.1	5.7~9.19	135.3	2411.3	+23.6	+169.6

* 邢宝辉同志协助统计调查数据, 谨致谢意。