

北京地区冬小麦品种生物产量性状的遗传改良和遗传相关分析

孙家柱, 郭仁峻, 田立平, 张福胜, 尹俊玉, 薛民生

(北京市农林科学院作物研究所, 北京 100089)

摘要: 通过对北京地区 1949 年以来不同时期冬小麦品种生物产量若干性状的演变规律、遗传相关、环境相关和遗传变异系数的比较得出: ①目前推广品种的收获指数比解放初推广品种增加了 11.72 个百分点, 但是单位茎叶重所负担的子粒重(克草粒重)却增加了 83.9%, 说明库源器官的比例变化较大, 光合产物输出增多。②随着品种的遗传改良, 单个茎秆特别是单个穗子的生产能力强化了, 但群体成穗数有所下降, 茎秆矮化、粗壮, 穗子也变得粗大, 小穗勾数增加。③生产品种在系统演化过程中, 有些性状间的遗传相关为负值, 但这些性状之间的环境相关却几乎全部为正值, 说明品种在系统改良的过程中, 性状的遗传相关与个体发育中的纯生物学相关不尽一致; 一些性状的负向选择(植株矮化等)可能要牺牲一些其它性状。④相对于环境变异系数来说, 株高、穗子大小和千粒重的遗传变异系数较大, 选择的把握性较大。要改良品种的生物产量应该强化源器官的发育、光合生产及输出效率, 以总生物产量做指标选择的可靠性较小, 如要选择准确则应增加重复数。

关键词: 冬小麦; 生物产量; 遗传改良

中图分类号: S512.110.32 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(1999)04-0001-06

高产一直是我国小麦育种最主要的目标之一。回顾前几十年的育种工作, 高产主要是通过提高经济系数而得以实现^[1~3]。如今, 仅仅通过提高经济系数以求得单产进一步提高的难度越来越大, 故此小麦单产也长时间处于高水平徘徊, 生物产量和经济系数并重的改良战略很有必要。本研究试图通过对解放以后北京地区小麦品种的生物产量及构成要素演变规律的剖析以及各性状在品种更替过程中的遗传相关、种植中的环境相关和遗传力的分析, 寻找生物产量改良的有关规律, 为制定生物产量和经济系数同步提高的育种战略提供理论依据。

1 材料和方法

本试验于 1992~1996 年连续 4 a 在北京市农林科学院作物研究所实验农场进行。供试品种系北京地区 1949 年以来先后 6 次品种更换中的骨干品种和主要搭配品种, 文中的数据以第一年度研究结果为主, 后几年主要对已有结果进行验证, 结果基本吻合。试验采用随机区组设计, 3 次重复, 小区为 3 行区, 行长 2.5 m, 行距 30 cm, 株距 2.5 cm, 肥水管理按北京地区的常规进行。生育后期喷施农药“乐果”和“粉锈宁”, 对茎秆过高的老品种实施拉线保护, 以确保

收稿日期: 1998-10-16

作者简介: 孙家柱, 男, 1961 年生, 农学硕士, 副研究员, 主要从事高产优质小麦新品种选育、利用太谷核不育小麦和矮败麦进行轮回选择以及小麦杂种优势利用等方面的研究工作。

整个试验不出现严重的病虫害和倒状。收获时每行截取 190 cm, 同时取其中 80 cm 样点, 对子粒产量和其它有关生物产量性状(见表 1, 2)进行调查, 样点外的部分只做脱粒计产并与样点子粒产量相加(单行共 0. 57 m²)。最后根据这些资料进行汇总, 并进行性状间遗传相关和环境相关分析。

2 结果与分析

2.1 小麦品种群体生物产量和经济产量的遗传改良

建国以来, 北京地区小麦品种已经完成了 6 次大规模的更换, 尽管同期推广的品种也可能属于不同类型, 但是为了说明生物产量和经济产量各性状演变的大趋势, 我们将各期推广品种有关性状的平均值整理成表 1。

表 1 不同时期小麦品种群体的生物产量和经济产量的演变

演变 序号	品种名称	样点总干重 (g)	茎叶重 (g)	子粒重 (g)	经济系数 (%)	子粒重/ 茎叶重
I	燕大 1817、早洋麦	295. 9	163. 3	100. 9	34. 10	0. 62
II	农大 183、北京 6 号、华北 187	304. 6	151. 5	118. 8	39. 00	0. 78
III	农大 311、北京 8 号	299. 4	145. 2	117. 7	39. 31	0. 81
IV	东方红 3 号、农大 139、北京 10 号	266. 7	124. 6	107. 5	40. 31	0. 86
V	丰抗 8 号、丰抗 2 号	280. 2	120. 7	122. 6	43. 75	1. 02
VI	京冬 6 号、北农 2 号、农大 015、 北京 837、京 411、京冬 8 号	286. 1	115. 2	131. 1	45. 82	1. 14

由表 1 可以看出, 随着品种的更换, 本区小麦品种的群体生产力(即总干重)有所下降, 进一步剖析发现, 这是群体茎叶总重量有规律地下降和群体子粒产量随之上升的综合结果, 随之而来的是导致了品种的经济系数由解放初首次更换品种的 34. 10% 上升为近年推广品种的 45. 82%, 增加了 11. 72 个百分点; 更值得注意的是单位重量的茎叶所负担的子粒重(克草粒重)从 0. 62 上升到 1. 14, 增加了 83. 9%, 无疑, 如果撇开光合效率不谈, 这个比值的变化恐怕最能说明新老品种在库源关系上的演变。

2.2 小麦品种单茎有关性状的遗传改良

在对样点总体生物产量和经济产量进行分析的基础上, 进而对单茎的茎叶、子粒重量、穗部的总小穗数、有效小穗数和穗子中部勾三小穗百分率进行统计分析(表 2)。

由表 2 可以看出, 随品种更换其株高和成穗数都明显下降, 也就是说新品种植株矮化但繁茂性远不如老品种, 分蘖成穗较少。与群体情况不同, 即随品种更换单茎总干重呈上升趋势, 进一步剖析可知单茎总干重的这种演变主要是由于穗粒重的大幅度提高所致, 单茎茎叶重也具有上升趋势只是不甚明显。继而对穗粒重提高的原因再做分析发现, 穗粒数和千粒重对穗粒重的上升均有很大贡献。根据对主穗考种结果分析, 新品种穗粒数增多主要是由于有效小穗增多, 特别是勾三小穗的增加, 总小穗数变化不大。

2.3 生物产量与其它若干性状间的遗传相关和环境相关分析

为了研究诸多性状与经济产量和生物产量的关系, 并探讨这种关系是人为选择的结果还是内在的发育相关, 我们将研究的性状分成 3 类, A 类性状在品种演变过程中量值上升, B 类

表 2 单个茎秆的茎叶、子粒等有关性状的演变

演变 序号	株高 (cm)	样点成 穗数 (个)	单茎总 干重 (g)	单茎茎 叶重 (g)	平均穗 粒重 (g)	平均穗 粒数 (个)	平均千 粒重 (g)	主穗总 小穗 (个)	主穗有效 小穗 (个)	勾三小 穗率 (%)
I	115.0	149.9	1.98	1.09	0.67	20.4	32.7	17.7	14.7	44.4
II	119.1	137.0	2.20	1.11	0.87	24.4	35.3	18.3	15.9	34.6
III	113.6	138.7	2.16	1.05	0.85	25.1	34.2	18.0	16.0	65.6
IV	101.9	126.8	2.10	0.98	0.85	28.9	30.4	19.1	17.2	62.7
V	92.0	103.6	2.70	1.16	1.18	29.3	41.1	18.7	17.2	68.9
VI	92.1	91.0	3.14	1.27	1.44	31.1	43.4	18.7	16.7	97.7

性状变化不大, C 类性状量值下降, 进而分析它们与 5 个生物产量代表性状的遗传相关和环境相关系数(表 3)。

遗传相关系数反映了在人工选择压力下新老品种在系统演化过程中两性状间的协同进化关系; 而环境相关系数则反映了品种内不同小区间由于环境条件的偶然差异而引起两性状间的协同变化关系, 是个体发育过程中两性状间纯生物学的自然相关。由表 3 我们可以看出如

表 3 新老品种若干性状间的遗传相关和环境相关

类别	性 状	样点子粒重		单穗子粒重		样点总草重		单茎草重		样点总干重	
A	样点子粒重	1.000	1.000	0.842	0.675	-0.460	0.501	0.570	0.250	0.263	0.830
	单穗子粒重	0.840	0.673	1.000	1.000	-0.641	-0.034	0.845	0.467	-0.053	0.320
	穗粒数	0.479	0.515	0.828	0.800	-0.897	-0.040	0.623	0.409	-0.608	0.235
	千粒重	0.928	0.496	0.897	0.621	-0.263	0.036	0.819	0.276	0.423	0.274
	单行产量	0.967	0.659	0.722	0.455	-0.110	0.342	0.605	0.226	0.619	0.555
	穗头重	0.988	0.879	0.886	0.439	-0.482	0.781	0.655	0.441	0.230	0.949
	主穗勾数	0.445	0.337	0.829	0.252	-0.650	0.214	0.760	0.197	-0.366	0.308
	经济系数	0.867	0.631	0.875	0.754	-0.844	-0.328	0.472	-0.177	-0.255	0.108
	单茎草重	0.569	0.250	0.845	0.467	-0.216	0.498	1.000	1.000	0.201	0.446
B	主穗长	0.500	0.214	0.435	0.278	0.011	0.059	0.525	0.182	0.394	0.145
	总小穗数	-0.107	0.268	0.116	0.114	-0.113	0.326	0.233	0.188	-0.203	0.345
	样点总干重	0.263	0.830	-0.053	0.319	0.735	0.899	0.201	0.447	1.000	1.000
C	样点总草重	-0.460	0.501	-0.641	-0.034	1.000	1.000	-0.216	0.496	0.735	0.899
	株 高	-0.467	0.769	-0.705	0.130	0.928	0.312	-0.348	0.081	0.669	0.369
	成穗数	-0.710	0.227	-0.960	-0.351	0.491	0.374	-0.962	-0.384	-0.009	0.357
	退化小穗数	-0.348	-0.153	-0.433	-0.189	0.892	0.013	0.020	-0.095	0.703	-0.069
	样点茎秆重	-0.581	0.584	-0.755	0.068	0.982	0.895	0.364	0.365	0.623	0.873

注: 表中每一栏中的两个数值前者为遗传相关系数 后者为环境相关系数。
下规律。

(1)从遗传相关和环境相关的性质上看出, A 类性状与样点总草重, C 类性状与样点子粒重、单穗子粒重和单茎草重的遗传相关和环境相关的性质相反, 其遗传相关表现为不同程度的负相关, 而对应的环境相关则为正相关或相关不明显。

(2)纵观全部资料所研究的性状与 5 个生物产量性状之间的环境相关系数绝大多数为正值, 说明从小麦自身的发育规律来看各部位之间是协调发展的, 这暗示着诸如株高降低、茎叶

重下降等并不是子粒产量上升的自然结果。

(3)B 类性状演变不大,与生物产量各性状的相关程度大多也较低,而 A, B, C 三类性状与样点总干重的遗传相关互有正负,但以正相关为主,同时看出与样点总干重正相关系数(包括遗传相关和环境相关)均较大者有样点总干重、株高、样点茎秆重、单行产量和千粒重;另外两个性状即穗粒数和退化小穗数与样点总干重的遗传相关系数也较大,分别为-0. 608 和 0. 703,不难看出这可能归因于二性状与样点总干重的遗传相关。

2.4 各性状的遗传力、遗传变异系数和性状选择

将各性状的变异剖析为遗传方差和环境方差,进而求出其遗传力、遗传变异系数和环境变异系数等(表 4),从中可以看出:

(1)从各性状遗传力的比较中可知,一般而言构成复杂的性状遗传力相对较低,特别是以小区为单位计算时更是如此;资料还显示以品种为单位计算各性状的遗传力明显为高,特别是那些遗传力较低的性状,以品种为单位统计时,即增加观察值的重复数之后遗传力上升幅度更大,据此选择的准确性也相应提高。

表 4 各性状的遗传力和遗传变异系数比较

性 状	以小区为单位的 $h^2(\%)$	以品种为单位的 $h^2(\%)$	遗传变异系数 (%)	环境变异系数 (%)	遗传和环境变异 系数之比
株高	90. 7	98. 9	10. 74	1. 15	9. 34
主穗长	76. 8	96. 8	6. 74	1. 23	5. 48
总小穗数	76. 4	96. 7	4. 66	0. 86	5. 42
千粒重	76. 1	96. 6	17. 09	3. 19	5. 36
单穗粒重	75. 2	96. 5	27. 50	5. 20	5. 29
单茎草重	64. 8	94. 3	14. 36	3. 50	4. 10
勾三小穗数	64. 7	94. 3	41. 73	10. 28	4. 06
总茎秆重	63. 3	94. 0	14. 55	3. 69	3. 94
经济系数	58. 5	92. 7	10. 47	2. 94	3. 56
穗粒数	55. 5	91. 8	14. 44	4. 31	3. 35
退化小穗数	44. 8	88. 0	24. 30	8. 99	2. 70
成穗数	43. 9	87. 6	20. 60	7. 76	2. 65
总草重	36. 8	84. 0	10. 08	4. 40	2. 29
总粒重	35. 9	83. 4	12. 23	5. 45	2. 24
总穗头重	31. 7	80. 7	10. 20	4. 99	2. 04
总干物重	17. 00	64. 9	5. 48	4. 03	1. 36

(2)性状遗传变异系数的大小反映了新老品种在这一性状上的改良幅度的相对大小。如果将其与对应的环境变异系数相比较,可在一定程度上反映出对这一性状选择的余地和可靠性。不难看出,象株高,其变异系数虽说不高,但环境变异小,选择的可靠性大。除此之外依次还有主穗长、总小穗数、千粒重、单穗粒重、单茎草重、勾三小穗数等可能收到好的选择效果。

(3)另外还有两种情况,一种是遗传变异系数较小,而环境变异系数较大,最典型的是总干物重,其它构成相对复杂的性状象群体的总粒重、总草重和总穗头重也与此类似。另一类性状以退化小穗数和成穗数为代表,其遗传变异系数虽大但环境变异系数也很大,对这类性状虽说选择的余地较大,但要注意降低环境的影响,以提高选择的可靠性。

3 讨论

3.1 群体的生物产量和经济产量的遗传改良

本研究结果证明本区近几十年对小麦品种的改良主要表现在经济系数的提高, 群体总的生物产量还略有下降。这与国内外已往的研究结果相吻合。值得注意的是虽说目前推广品种比解放初品种的经济系数仅增高了 11.72 个百分点, 但单位茎叶重所负担的子粒重(克草粒重)却增加了 83.9%, 这个数值很能反映小麦库源关系的演变, 它暗示着新品种其光合器官的光合产物输出率是大为增加的。

3.2 单茎个体和群体有关性状的遗传改良

随着品种的遗传改良出现了如下几个方面的转变, 一是从群体优势向单茎个体的转变, 即群体成穗数减少, 但单个茎的生产能力强化了; 二是在单茎内部光合产物积累由茎叶向穗头转变, 表现为经济系数提高了; 三是株型由细而高向矮而粗的方向转变, 表现为小穗的勾数多、穗子粗大, 茎秆变粗, 叶子变宽^[4]。

3.3 性状间的遗传和环境相关

这一分析给我们的整体印象是尽管前几十年生产中的品种在系统演化过程中有些性状的遗传相关是负值, 但这众多性状间的环境相关系数却几乎全为正值。说明就小麦的个体发育而言, 各器官都是协同发展的, 象植株矮化等负向选择是要牺牲一些别的性状而获得的。笔者在育种实践中也发现植株过度矮化之后, 往往穗部性状变劣、茎秆变软、抗逆性差^[5], 另外一些研究发现, 70 年代之后育成小麦品种的光合效率也无甚改良^[1], 笔者认为这可能也与矮化有关, 这就是为什么有些育种者的经验主张先矮化群体再从矮株中选相对高的植株, 变负向选择为正向选择, 相对而言容易获得性状的综合协调改良。

3.4 生物产量性状的遗传力和选择

不同性状的遗传力和遗传变异系数的大小相差很大, 说明不同性状在品种演变过程中的遗传变异幅度大不相同, 相对于环境变异系数来说株高、穗子的大小和千粒重的遗传变异系数较大, 在性状改良中选择的把握性较大, 而对于总干物重等这类性状由于其遗传变异系数较小而环境变异系数又较大, 选择的准确性较低, 如要选择需增加重复数以减少环境误差。

通过以上分析可知, 改良品种的生物产量以总生物产量作为选择指标是不科学的, 因为这是一个复杂的综合性状, 遗传力低, 与产量相关还不是很直接。前人的研究结果也证明了这一点^[6]。所以应该在选择库性状, 包括在穗子大小和子粒大小的基础上重点选择源性状, 这一方面要保证源器官的生物产量, 例如保证一定的株高和成穗数, 强化单茎的茎叶重量; 另一方面也是最为重要的就是增加源器官光合产物的生产和输出效率。作物单产的提高还能在多大程度上依赖于经济系数的提高, 关键也在这里。

参考文献:

[1] 陈化榜, 李晴祺. 山东省 50 年代以来小麦品种性状演变的研究[J]. 山东农业大学学报, 1991, 22(1): 95

— 98.

- [2] Bodega J L, Andrade F H. The effect of genetic improvement and hybridization on grain and biomass yield of bread wheat [J]. Cereal Research Communications, 1996, 24(2): 171—177.
- [3] Calderini D F, *et al.* Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A re-examination of previous results and the last trends [J]. Plant Breeding, 1995, 114(2): 108—112
- [4] 孙家柱, 等. 北京地区小麦品种茎叶演变规律及分析 [J]. 北京农业科学, 1992, (1): 37—40
- [5] 薛民生, 孙家柱. 小麦矮化效应初报. 北京农业科学 [J], 1996, (2): 6—9.
- [6] Sayre K D, *et al.* Yield potential progress in short bread wheat in northwest Mexico [J]. Crop Sci, 1997, 37 (1): 36—42

A Study on Genetic Improvement and Correlation Among Biomass Related Traits of Winter Wheat in Beijing Area

SUN Jia-zhu, GUO Ren-jun, TIAN Li-ping,
ZHANG Fu-shen, YIN Jun-yu, XUE Min-sheng

(Crops Institute, Beijing Municipal Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100089)

Abstract: After 4 years' study with both old and new winter wheat varieties planted in Beijing since 1949, the results could be summarized as follows.

(1) The harvest index of new varieties was about 11.72 percent points higher than that of old ones, but the ratio between grain weight and straw (leaf and culm) weight of new varieties was 83.9% higher than that of the old ones. This indicated a high sink/source ratio and a higher efficiency in translocation of photosynthetic products.

(2) As the genetic improvement was going on, single stalk biomass was enhanced, the culm became stronger, ear and grain became larger and it could bear more grains per spikelet, but the number of total spikes per unit area and the height of plant got lower.

(3) In the progress of variety evolution, a negative genetic correlation coefficient among traits was found, while their corresponding environmental correlation coefficient were almost all positive. It indicted an inconsistency between the genetic correlation of characters and the pure biological correlation in the individual development.

(4) Compared with the environmental variance some traits such as the height of plant, and the weight of ear and grain had bigger coefficient of genetic variance and were apt to genetic improvement through selection. It is necessary to improve the development, photosynthetic production, and translocation of original organic compound, in order to raise biomass production.

Key words: Winter wheat; Biomass; Genetic improvement