

# 冬小麦产量的基因型×环境互作效应分析

陈淑琴 蒋春志

(河北省农林科学院粮油作物研究所, 石家庄 050031)

**摘要** 应用 Eberhart和 Russell的模式和 Tai的模式分析了黄淮北片水地高肥组 1990- 1991年区域试验中 13个小麦品种的基因型×环境互作效应, 结果表明, Eberhart和 Russell模式中,  $b_i$ 对品种稳定性的评价较为笼统, 而 Tai的基因型×环境互作效应的分解, 对新品种的推广和利用提供了更多、更精确的信息, 用此方法分析区域试验的数据有助于更精确地评价品种, 使其得到合理的推广和利用, 同时在栽培管理方法上可以提供科学依据。

**关键词** 冬小麦 基因型 环境 互作

品种稳定性取决于品种的基因型×环境互作, 互作越大品种越不稳定。自 Moore 1921年用线性回归分析品种×环境互作, Jimmer等 1934年用联合方差分析法, 分析作物品种区域试验品种适应性以来, 作物品种×环境互作问题成为人们评价品种在不同环境条件下适应性的中心, 1963年 Finlay等引用回归系数  $b_i$ 法, 很受人们的注意, 以后国内外学者又提出了许多测定品种稳定性的参数, 如 Plaisted和 Peterson (1959)、Finlay和 Wilkison (1963)、Eberhart和 Russell (1966)、Shukla (1972)及 Tai<sup>[1]</sup>等法, 并在国内外的一些研究中得到广泛应用, 但这些方法均是对产量自身性状进行分析, 不能指出基因型互作究竟是产量三因素中哪一因素引起, 三者各占比重如何? 本文用 Tai<sup>[1]</sup>的多元分析法研究品种产量基因型×环境互作及其产量三因子之间的关系<sup>[1]</sup>, 解决了用 Eberhart和 Russell法的不足, 剖析了品种对产量基因型×环境互作效应的组成, 对新品种的推广利用具有重要意义。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

试验材料为黄淮北片水地高肥组 1990- 1991年度联合区域试验结果, 该试验设在山东省的烟台、济南, 山西省的运城、临汾, 河南省的濮阳, 河北省的石家庄、安国、马头等 8个省、市、县农科所, 各试点的试验均安排在所内土壤较肥沃, 地势较平坦, 灌溉条件较好的地块, 如石家庄试点的地力基础见表 1 各点整地质量较好, 均达到匀、平、细, 施足底肥, 在肥料种类上注意粗细结合, 氮、磷结合, 冬前均灌了冻水, 适期浇了返青、拔节、孕穗、灌浆水, 各试点均按统一方

案进行试验,采用随机区组排列,4次重复,小区为长方形,小区面积 12 0m<sup>2</sup>~ 16 3m<sup>2</sup>,供试材料有:冀 87-4314 烟 8224-3496 济核 03 鲁临 85-14 莱州 953 郑州 891 石 87-5304 烟 881414 冀 87-5108 鲁 866014 临辐 51234等 13个品(系)种,以冀麦 30为对照种,田间调查项目包括产量、亩穗数、穗粒数及千粒重等。

### 1 2 方法

用 Eberhart和 Russell法求各品种产量的  $b_i$ 和  $S^2d_i$ ; 用 Tai法求各品种产量的基因型效应值  $V_1, V_2, V_3$  及环境效应值  $r_1, r_2, r_3$

表 1 石家庄试点地力基础情况

层次	有机质 (m)	全氮 (g·kg <sup>-1</sup> )	全磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 (t·g·g <sup>-1</sup> )	有效磷 (t·g·g <sup>-1</sup> )	有效钾 (t·g·g <sup>-1</sup> )
0~ 20	22.9	1.52	2.37	97.0	111.6	235.8
20~ 40	16.2	1.08	1.85	61.8	55.4	169.9

Tai法有两个假设<sup>[1]</sup>: (1)产量构成因素  $X, Y, Z$  是随时间顺序依次发育的,首先决定亩穗数 ( $X$ ),继而决定穗粒数 ( $Y$ )和千粒重 ( $Z$ ),产量 ( $W$ )是一系列发育过程的最后综合产物,即  $W = X \times Y \times Z$ ; (2)环境资源可按着  $X, Y, Z$  的发育而分解为三个独立的组  $R_1, R_2, R_3$ ,各环境组维持各相应产量组成的发育,依此可得产量及构成因素途径图(附图)。由附图可导出下列公式:

$$I_j + (gl)_i = V_{1i}r_{1j} + V_{2i}r_{2j} + V_{3i}r_{3j} + e_j$$

式中  $I_j$ 为第  $j$ 环境效应值,  $(gl)_i$ 为第  $i$ 基因型与第  $j$ 环境的互作值

因此, Tai法将环境与基因型×环境交互作用合并,而重新分割成三个相乘项,每一相乘项由一基因型效应 ( $V_1, V_2, V_3$ )及一环境效应 ( $r_1, r_2, r_3$ )组成,其中  $V$  值表示基因型在产量形成的三个阶段对变动环境  $R$  的使用效率,  $r$  值 ( $r_1, r_2, r_3$ )为各环境效应估计值,可通过最小二乘法原理求得。

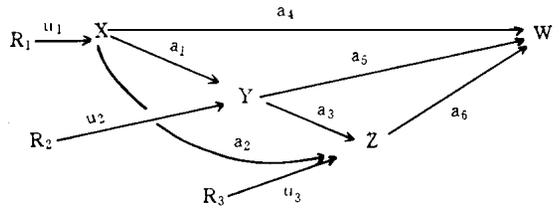


图 1 小麦三个环境  $R_1, R_2, R_3$ 对产量组分  $X, Y, Z$ 和产量  $W$ 的途径

## 2 结果与分析

用 Eberhart和 Russell法估计稳定性参数  $b_i$ 和  $S^2d_i$ 及用 Tai法估算基因型效应  $V_1, V_2, V_3$ 值列于表 2 由表 2看出,小麦各基因型效应值  $V_1, V_2, V_3$ 有明显的差异,说明各基因型对三类环境资源  $R_1, R_2, R_3$ 的利用效率是互不相同的。在参试的 13个品种中,烟 2149 冀 87-5108等两个品种其  $V_1$ 值大于  $V_2$ 和  $V_3$ 值,说明其对亩穗数资源敏感,亩穗数资源的改善对其产量影响最大,因此,这两个品种只有增加亩穗数才能达到增产的目的,而郑州 891 石 87-5304 鲁 866014等三个品系的  $V_2$ 大于  $V_1$ 和  $V_3$ ,说明其对穗粒数资源敏感,穗粒数资源的改善对其产量作用最大,要想增产只有增加穗粒数;烟 881414品种的  $V_1, V_2, V_3$ 三个值基本相同,说明其对三期资源反应均敏感,利用效率也基本相同。因此,只有三个环境条件均得到改善,增产作用才最大,其它 7个品种中 3个表现为  $V_3 > V_1 > V_2$ ,另外 4个为  $V_3 > V_2 > V_1$ ,说明这类品种对增加千粒重的环境资源利用效率较高,在管理上增加千粒重,促进灌浆,增产作用

最大

表 2 稳定性参数

品种名称	亩产量 (kg)	b	S <sup>2</sup> d <sub>i</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1+</sub> V <sub>2+</sub> V <sub>3</sub>	R <sup>2</sup>
冀 87- 4314	376 24	0 9541	530 9673	- 2 6029	16 4190	31. 3637	45 1798	0 8727
烟 8224- 3496	408 51	0 7316	607 3041	- 9 6707	- 3. 1841	23. 9115	11 0567	0 5912
济核 03	410 20	1 6007	166 3861	22 4825	11 7152	43. 4580	77 6557	0 8926
鲁临 85- 14	383 35	0 8593	862 1426	1 4891	- 1. 0772	16 4911	16 9030	0 1755
莱州 953	405 08	0 6997	134 2501	2 4488	- 2 5408	10. 4732	10 3812	0 1769
郑州 891	423 27	1 2727	86 9183	5 2212	33 0096	19. 4956	57 7264	0 8295
石 87- 5304	399 36	1 0908	46 1640	18 7797	26 5585	9 1142	54 4524	0 8635
烟 2149	416 93	0 8160	142 5594	23 4804	0 8412	14. 9644	39 2860	0 8844
烟 881414	415 04	0 7476	470 6193	14 8767	14 8781	14. 2983	44 0531	0 6166
冀 87- 5108	427 39	1 4389	52 6117	28 1005	2 8134	24. 0625	54 9764	0 6157
鲁 866014	388 14	1 6192	579 0915	- 8 0786	31 4574	27. 8267	51 2055	0 9376
临辐 51234	409 92	1 2122	909 9718	8 6940	25 8829	32 6303	67 2072	0 7683
冀 84- 5418	417 67	0 5572	218 2486	6 3376	8 8120	9 0214	24 1710	0 3439

比较表 2 中  $V$  和  $b$  值不难看出,  $b$  与  $V_{1+} V_{2+} V_3$  并不完全吻合,  $b$  值大的品种  $V$  值并不一定大, 如鲁 866014  $b=1.6192$  而  $V_{1+} V_{2+} V_3=51.2055$  并且  $V=-8.0786$  这是因为  $b$  是以品种在各地的平均产量为依变量, 环境指数为自变量而求得的回归系数,  $b>1$  则说明品种对环境敏感, 其稳定性差,  $b<1$  则说明该品种对环境反映迟钝, 稳定性好, 而  $b=1$  时, 说明该品种产量稳定性中等, 这一结论比较笼统, 它不能说明品种不稳定的原因, 如有些品种对三期资源的改善出现了负向效应, 综合考察品种对环境资源的敏感性, 就会出现负效应与正效应的抵消, 这样  $b$  值也就不真实了, 不能反映品种稳定性的本质。而  $Ta$  法则克服了以上缺点, 其根据品种产量构成三因素将环境分为前中后三部分,  $V_1, V_2, V_3$  反映了品种对三个时期资源即亩穗数、穗粒数和千粒重资源的敏感性, 据  $V_1, V_2, V_3$  的数值可说明品种稳定性的原因, 并为栽培管理提供科学依据。如冀 87- 5108 其  $V$  值表现为  $V_1>V_3>V_2$ , 可见, 增加亩穗数增产作用最大, 其次是增加千粒重, 穗粒数的增产作用最小, 在管理上, 应在增穗和增粒重上下功夫。而冀 87- 4314 其  $V$  值表现为  $V_3>V_2>V_1$ ,  $V_1$  为负值, 说明其对亩穗数资源的改善为负向效应, 所以要增产只有在增加千粒重上做文章, 郑州 891 已通过了黄淮区试, 并由全国品种审定委员会审定定名, 其  $V_1, V_2, V_3$  值分别为 5.2212 33.0096 和 19.4956 可见穗粒数资源的改善对产量影响较大, 增加穗粒数, 增产作用最大。

表 2 中所列  $R^2$  值是每个品种的决定系数, 其值大部分在 0.5 以上, 说明表中所列结果是可靠的, 能够将品种稳定性特点真实地反映出来。

表 3 列出了各试验点的环境指数及环境效应值  $r_1, r_2, r_3$ 。综合分析看出, 各点的环境效应是不均等的, 即使同一地点各期环境效应也不一样, 从各点总的表现看, 马头、临汾、烟台三点的的环境效应值较大, 运城、济南、濮阳等地环境效应值较小。从某一试验点的环境效应  $r_1$  值看, 有的  $r_1$  为负值, 如石家庄试点  $r_1=-0.4731$ , 济南试点  $r_1=-0.54679$  说明此期的环境资源增加对产量无作用, 有时甚至减产。分析  $r_1, r_2, r_3$  的绝对值大小可得出, 除个别点外, 均有  $r_1<$

$r_2$  或  $r_3$ , 而且一般以  $r_3$  最大。可见, 亩穗数资源对产量的增加作用最小,  $I$  与  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$  的简单相关系数分别是 0.5633、0.3187、0.7668, 说明第三组环境资源与环境指数相关密切, 即千粒重资源的改善对产量的提高作用最大。

### 3 讨论

本文对基因型效应  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  和

环境效应  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$  值的综合分析表明, 每个品种对亩穗数、穗粒数和千粒重三类资源的利用是不同的, 即  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  之间有差异, 有的甚至出现负值。这样将三类资源区别开来看, 可得出每个品种稳定性的特点。如济核 03 的  $V_3$  值最大, 增粒重可增加产量, 而对于冀 87-5108,  $V_1 > V_3 > V_2$ , 表明应在增加亩穗数上下功夫, 而对郑州 891 增粒数才能增产。

各点的环境效应值变幅较大, 特别是  $r_2$  和  $r_3$ ,  $r_2$  的变幅为 0.0297~1.7917,  $r_3$  的变幅为 0.2907~1.8335。可见影响该区参试品种产量的主要因素是穗粒数和千粒重。如运城的  $I$  为 -0.464100, 其  $r_2$  与  $r_3$  均为负值, 其产量低主要是穗粒数和千粒重不足造成的。濮阳、烟台也有类似情况。由此得出, 亩穗数对产量影响不大, 主要问题在于如何增加穗粒数, 提高千粒重。

用 Tai 方法估算环境效应  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$  和各品种的基因型效应值, 即按小麦生长的三个时期(前、中、后)将环境分成三部分, 根据三个时期的基因型效应值估算各环境效应值, 反映了各品种稳定性的实质, 为栽培管理措施的制定提供信息, 为新品种的推广应用提供科学依据, 在生产实践中具有实际的指导意义。

鸣谢 本文撰写过程中, 本所刘爱群同志参加了计算。

### 参 考 文 献

- 1 Taj GCC. Analysis of genotype-environment interaction of potato. *Crop Science*, 1979, 19(7): 434-438
- 2 黄冰艳. 作物品种稳定性分析方法综述. *河南农业科学*, 1991(8): 20-23
- 3 Ebenert Russel. Stability parameter for comparing varieties. *Crop Science*, 1966(5): 36-40
- 4 余淑君等. 滇中地区旱地小麦品种产量稳定性探讨. *西南农业学报*, 1990(3): 33-38
- 5 余世蓉, 吴兆苏. 小麦品种区域试验上几个问题的探讨. *中国农业科学*, 1986(3): 20-24

表 3 环境指数 (I) 及环境效应  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$  值

地点	I	$r_1$	$r_2$	$r_3$
石家庄	-10.3400	0.15798	-0.4731	0.2907
安 国	-1.1800	0.65029	-0.8109	0.4103
济 南	-28.3600	0.54679	0.0297	-0.6426
烟 台	16.6000	1.54850	-0.7639	-0.4815
马 头	55.2000	1.18740	0.2282	0.6377
运 城	-46.4100	0.81830	-0.1406	-1.8335
临 汾	25.3900	1.12780	1.7917	0.2184
濮 阳	-10.9000	1.02720	-0.1742	-0.4281
标准差	31.9655	1.03840	0.8261	0.8364
$I$ 与 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 相关	1.0000	0.56330	0.3187	0.7668

# Analysis of Genotype $\times$ Environment Interaction for Yield of Winter Wheat

Chen Shuqin

Jiang Chunzhi

(Cereal and Oil Crops Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050031)

**Abstract** Thirteen varieties of winter wheat and sites in the northern part of Huang-Huai Plain were involved in this study. These varieties were grown in a four-replicate randomized block layout at each site during growing season in 1990–1991. Two methods were used to study genotype–environment interaction for winter wheat yield. They included two parameters: genotype stability parameters proposed by Eberhart and Russell in 1966 and genotypic components  $V_1$ ,  $V_2$ , and  $V_3$  proposed by Tai in 1979. The results showed that the method proposed by Tai for analysing genotype  $\times$  environment interactions was better and should be used more accurately in evaluating new varieties.

**Key words** Winter wheat; Genotype; Environment interaction