

非平衡区域试验的甘蔗品种稳定性分析

周鸿凯¹, 蔡华斌², 郭荣发¹

(1 湛江海洋大学 农学院, 广东 湛江 524088;

2 广州市甘蔗科学研究所 湛江甘蔗研究中心, 广东 遂溪 524300)

摘要:应用作物品种区域试验非平衡资料的分析方法, 对参试的 5 个甘蔗品种的 9 个主要性状 4 年 6 个试点的非平衡资料进行分析, 结果表明: (1) 环境因素对不同性状的效应不同, 蔗茎产量以年份和试点的效应为主, 蔗糖产量是年份及基因 $\times$ 年份互作效应为主; (2) 7 个主要性状与蔗茎产量之间及其与蔗糖产量之间的协方差分量效应基本一致; (3) 甘蔗品种粤糖 93/159 和 Roc22 的 9 个性状表现均较优良, 综合性状和蔗茎产量及蔗糖产量的稳定性较好, 是生产上可大面积推广应用的优良品种。

关键词: 甘蔗品种; 非平衡资料; 区域试验; 稳定性分析; 环境因素; 主要性状

中图分类号: S566

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X (2005) 01-0016-05

Stability analysis of unbalanced data in sugarcane varieties regional trial

ZHOU Hong-kai¹, CAI Hua-bing², GUO Rong-fa¹

(1 Agronomy College, Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524088, China;

2 Zhanjiang Sugarcane Research Center, Guangzhou Sugarcane Ind. Res. Institute, Suixi 524300, China)

Abstract: Unbalanced data from 9 major traits of 5 sugarcane varieties on 6 locations in four years were analyzed. The results indicated: (1) The effects of environment on different traits were not the same, such as the stalk yield were mainly affected by years and locations, while the sugar yield were mainly affected by years and genotype $\times$ years interaction. (2) The covariances effects among 7 major traits and sugar yield were basically the same. (3) Nine major traits in Yuetang 93/159 and Roc22 were better, and the combined traits stalk yield and sugar yield were stable. These two varieties should be extended in commercial production.

Key words: sugarcane varieties; unbalanced data; regional trial; stability analysis; environment; major traits

品种区域试验是农作物选育过程中评定参试品种和推广优良品种的一个重要环节。通过区域试验, 可以确定其在多年份和多试点农艺性状的表现, 科学客观地评价品种的丰产性和稳产性。在以往的品种区域试验中, 多数采用方差分析^[1~3]、高稳系数分析^[4]和模糊综合分析^[5~7]等方法, 它们最大的缺点是不能有效地分析有缺失的非平衡数据。而在区域

试验实施过程中, 由于各种原因, 缺失数据是经常的。朱军等^[8]运用混合线性模型的分析原理, 提出了作物品种区域试验非平衡资料的统计分析法。该分析方法可以直接估算各项方差分量、品种平均数间的差异、回归参数及其标准误等, 从而可以客观地评价品种的丰产性和稳产性。本研究采用该方法对 5 个甘蔗品种 9 个主要性状的 4 年 6 个试点的非平

衡资料进行甘蔗主要性状的环境效应及品种的稳定性分析, 为这些品种的推广和利用提供参考。

1 材料与方法

供试的甘蔗品种为粤糖 93/159、Roc10(对照)、粤糖 63/237、Roc16、Roc22。试验分别布置在不同气候、不同土壤条件的广东省湛江市甘蔗研究中心、徐闻、遂溪、麻章、化州以及海南儋州等 6 个具有代表性的蔗区。每年的参试品种有所不同, 按非等试验设计要求, 采用随机区组设计, 每一品种为一处理; 重复 3 次, 每小区 6 行, 行长 10 m, 行距 1 m; 下种量为每米 12~14 个芽, 折每公顷种植蔗芽 12~14 万个, 田间管理和大田相同。种植时间分别为 1996 年 2 月、1997 年 2 月、1998 年 2 月、1999 年 2 月中旬; 各生育期间观察记录生长发育情况, 调查萌芽率、分蘖率; 11、12 月测定蔗糖分, 得平均蔗糖分; 次年 1 月实收测产调查得蔗茎产量、有效茎数、蔗糖产量、茎长、茎径、单茎质量。

根据朱军等^[8]提出的作物品种区域试验非平衡资料的分析方法, 对甘蔗 9 个主要性状进行各项方差分量、协方差分量、回归参数及其标准差以及综合性状的回归参数等估算, 全部试验数据的计算分析均应用朱军^[9]主编的 C 语言 QGA-Cn 程序, 在 PC 机上进行。

2 结果与分析

5 个甘蔗品种 4 年 6 个试点的主要性状的平均数列于表 1。通过统计分析, 估算出各项效应的方差分量、协方差分量以及回归参数。

2.1 方差分量分析

分析甘蔗主要性状在不同环境条件下各种效应分量的变异量, 可了解各种变异的相对大小以及不同环境条件下各种效应对甘蔗主要性状的影响, 从而为甘蔗品种的推广应用提供理论依据。

表 1 中看出, 影响甘蔗萌芽率的随机因素主要是剩余效应, 其后是品种遗传效应和年份效应的影响; 影响甘蔗分蘖率的随机因素主要也是剩余效应, 其后是年份与试点的互动、基因与试点的互动和遗传效应; 影响有效茎数的因素主要是品种的基因效应, 达极显著水平, 其次年份与试点的互动效应达显著水平; 影响茎长的随机因素主要是试点效应, 其次

是年份与试点的互动效应, 达显著水平; 影响茎径的因素主要是年份与试点的互动效应和基因效应, 且均达到极显著水平; 影响甘蔗单茎质量的主要因素是品种的基因效应, 达极显著水平, 年份效应、试点效应和剩余效应的作用也均达显著水平; 影响蔗茎产量的随机因素主要是年份效应和试点效应, 且均达极显著水平; 影响蔗糖分的随机因素主要是基因与年份的互动效应, 达显著水平, 其次是年份效应; 影响蔗糖产量的随机因素主要是年份效应, 达极显著水平, 其次是基因与试点的互动效应, 达显著水平。

2.2 协方差分量的分析

从表 2 看出, 蔗茎产量和蔗糖产量与其他 7 个性状的协方差分量表现是基本一致的, 表明这 2 个产量的环境效应是基本一致性的。萌芽率和蔗糖分与 2 个产量性状的协方差分量均以年份×试点和剩余效应为正值, 而其他协方差分量为负值; 分蘖率和有效茎数与两产量性状的协方差效应分量以年份×试点、基因×试点、基因×年份和年份的效应为明显的正效应, 而试点和剩余效应为负值; 茎长、茎径和单茎质量与两产量性状的协方差分量有年份、试点和剩余效应的正效应, 其互作为负效应。

2.3 品种稳定性分析

为了评价品种的综合稳定性表现, 采用简单回归分析方法估算甘蔗品种的蔗茎产量和蔗糖产量这 2 个产量性状对环境指数的回归的参数。以及用数值重复抽样方法计算综合性状平均表现对综合环境指数的回归参数的估计值及其标准误。

从表 3 可知, 参试的 5 个甘蔗品种的平均蔗茎产量以 Roc22($92\,380\text{ kg/hm}^{-2}$)最高, 其后是粤糖 93/159、Roc16、Roc10 和粤糖 63/237; 平均蔗糖产量以粤糖 93/159($14\,925\text{ kg/hm}^{-2}$)为最高, 其后是 Roc22、Roc16、Roc10 和粤糖 63/237; 综合性状的表现排序为粤糖 93/159、Roc16、Roc22、Roc10 和粤糖 63/237。

从表 3 还可知, 粤糖 93/159 和 Roc22 的蔗茎产量、蔗糖产量和综合性状之截距的 95% 置信区间变幅较小; 粤糖 93/159 和 Roc22 上述的 3 个性状的斜率也较小; 且有较高的相关系数, 其变幅也较小, 表明这 2 个品种的稳定性表现较好。

表 1 区域试验的甘蔗主要性状之平均数和方差分量估计值¹⁾

Tab. 1 Means of major traits and estimates of variances from regional trial of sugarcane

品种 ²⁾	年份	地点 ³⁾	萌芽 率	分蘖 率	有效茎数 NM/ (条·hm ⁻²)	茎长 SL / cm	茎径 SD / cm	单茎质量 SM / kg	蔗茎产 量 CY/ (kg·hm ⁻²)	蔗糖分 SC(w) / %	蔗糖产 量 SY/ (kg·hm ⁻²)	
varieties	year	location	GP/ %	SP/ %	(条·hm ⁻²)	/ cm	/ cm	/ kg	(kg·hm ⁻²)	/ %	(kg·hm ⁻²)	
粤糖 93/ 159	1996	L ₁	54. 8	100. 4	66 705	231	2. 70	1. 12	74 355	17. 70	13 305	
	1997	L ₁	71. 4	71. 5	56 100	241	2. 75	1. 13	63 210	16. 24	10 260	
	1998	L ₁	66. 1	110	82 605	234	2. 65	1. 11	91 695	16. 84	15 435	
	1999	L ₁	50. 9	141. 1	61 905	230	3. 09	1. 51	93 480	17. 03	15 915	
	1999	L ₂	53. 0	100	66 180	306	2. 80	1. 79	118 770	15. 39	18 270	
	1999	L ₃	60. 7	96. 3	50 625	259	3. 12	1. 85	93 645	15. 25	14 280	
	1999	L ₄	56. 3	74. 2	66 135	260	2. 83	1. 37	91 455	16. 64	15 225	
	1999	L ₅	57. 3	123. 4	62 595	253	2. 99	1. 38	86 535	16. 88	14 610	
	1999	L ₆	66. 5	79. 00	70 170	237	3. 19	1. 42	99 525	17. 10	17 025	
	Roc 10	1996	L ₁	49. 1	51. 1	56 700	229	2. 61	1. 17	66 450	16. 02	10 650
		1997	L ₁	47. 3	72. 2	44 550	217	2. 62	1. 02	45 555	15. 21	6 930
		1998	L ₁	53. 3	59. 7	77 715	226	2. 52	1. 01	78 495	16. 11	12 645
		1999	L ₁	41. 4	92. 2	51 135	206	3. 04	1. 46	74 670	15. 51	11 580
		1999	L ₂	40. 3	70. 0	63 045	314	2. 70	1. 70	107 160	14. 85	15 900
		1999	L ₃	46. 3	93. 1	46 965	262	2. 72	1. 46	79 065	14. 70	11 625
		1999	L ₄	51. 2	52. 2	69 885	263	2. 57	1. 21	84 810	15. 68	13 305
		1999	L ₅	44. 0	80. 6	53 850	241	2. 91	1. 35	72 795	16. 34	11 895
		1999	L ₆	49. 2	50. 3	61 395	231	2. 98	1. 41	86 550	16. 14	13 965
	粤糖 63/ 237	1996	L ₁	47. 8	64. 4	45 300	216	2. 85	1. 29	58 260	15. 68	9 135
1997		L ₁	40. 9	95. 7	35 550	205	2. 75	1. 24	44 085	14. 48	6 390	
1998		L ₁	59. 6	59. 7	51 825	242	2. 84	1. 27	65 835	15. 24	10 035	
1999		L ₁	43. 4	101. 3	45 030	211	3. 12	1. 55	69 795	14. 47	10 095	
1999		L ₅	41. 8	90. 1	43 695	268	3. 06	1. 72	75 165	15. 62	11 745	
1999		L ₆	53. 1	50. 2	49 245	236	3. 21	1. 85	91 095	16. 08	14 655	
Roc 16		1996	L ₁	48. 3	66. 2	65 430	245	2. 68	1. 11	72 540	16. 52	11 985
		1998	L ₁	53. 4	71	64 875	268	2. 48	1. 25	81 390	15. 13	12 315
		1999	L ₁	43. 5	94. 6	60 195	236	2. 85	1. 26	75 840	16. 23	12 315
		1999	L ₂	50. 0	60	63 450	320	2. 50	1. 85	117 375	15. 47	18 150
Roc 22		1999	L ₃	53. 5	50. 1	53 430	268	2. 75	1. 65	88 290	14. 32	12 645
		1999	L ₆	40. 6	84. 2	73 695	225	2. 95	1. 39	102 690	15. 81	16 230
		1997	L ₁	51. 3	82. 4	59 175	246	2. 66	1. 06	62 730	15. 68	9 840
		1999	L ₁	60. 2	74. 8	48 795	240	3. 01	2. 01	98 115	16. 52	16 200
	1999	L ₂	45. 5	140. 0	57 735	325	2. 70	2. 08	119 805	14. 58	17 475	
	1999	L ₄	43. 6	98. 8	63 240	281	2. 65	1. 41	89 445	14. 46	12 930	
	1999	L ₅	51. 6	63. 8	60 420	275	2. 86	1. 35	81 570	15. 01	12 240	
1999	L ₆	46. 8	82. 3	67 770	245	2. 93	1. 51	102 615	16. 12	16 530		
V_G^2		42. 166	87. 674	299 230 **	40. 325	0. 018 **	0. 018 **	226 707			7 206. 4	
V_Y^2		16. 912		65 715			0. 071 *	125 347 0 **	17 799		26 911. 2 **	
V_L^2					828. 201 **		0. 063 *	114 996 0 **	13 484		17 098. 9	
V_{YL}^2			224. 064	231 265 *	219. 410 *	0. 034 **						
V_{GY}^2					59. 671				1691 117 *			
V_{GL}^2			160. 892		64. 119			86 010			5 574. 8 *	
V_{GYL}^2		57. 379	427. 616	174 180	6. 902		0. 038 *	83 437	106 530		1 384. 2	

1) GP: gemination percentage; SP: stooling percentage; NM: number of millable cane per hectare; SL: stalk length; SD: stem diameter; SM: stalk mass; CY: cane yield; SC: sucros content; SY: sugar yield. 2) V_G^2 : 基因型方差; V_Y^2 : 年份方差; V_L^2 : 试点方差; V_{YL}^2 : 年份与试点互作方差; V_{GY}^2 : 基因与年份互作方差; V_{GL}^2 : 基因与试点互作方差; V_{GYL}^2 : 剩余方差. 3) L₁: 湛江市甘蔗研究中心; L₂: 徐闻; L₃: 遂溪; L₄: 麻章; L₅: 化州; L₆: 海南儋州

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2 甘蔗的主要性状与蔗茎产量和蔗糖产量之协方差分量估计值¹⁾

Tab. 2 Estimates of covariances for major traits and stalk yield with sugar yield in sugarcane

性状	协方差分量	萌芽率	分蘖率	有效茎数	茎长	茎径	单茎质量	蔗糖分
traits	covariances ²⁾	GP/ %	SP/ %	NM/(条·hm ⁻²)	SL/cm	SD/cm	SM/ kg	SC(w)/ %
蔗茎产量	Cov V _Y	— 69. 30	83. 55	31. 01	95. 58	97. 77	309. 56	— 29 801. 30
	Cov V _L	— 101. 77	— 19. 21	— 43. 09	210. 93	21. 45	294. 24	— 6 935. 54
	Cov V _{YL}	82. 24	17. 16	91. 82	— 87. 25	— 59. 00	— 171. 69	6 053. 81
	Cov V _{GY}	— 14. 88	9. 66	21. 75	— 1. 65	— 4. 60	— 38. 68	— 2 992. 00
	Cov V _{GL}	— 10. 12	12. 77	36. 34	— 4. 87	— 2. 03	— 20. 03	— 5 327. 64
	Cov V _{CYL}	23. 20	— 13. 04	— 18. 89	0. 28	5. 63	58. 49	5 178. 70
蔗糖产量	Cov V _Y	— 49. 98	52. 09	34. 09	105. 83	78. 27	295. 50	— 27 803. 70
	Cov V _L	— 86. 41	— 41. 83	— 28. 18	179. 25	14. 45	233. 64	— 3 047. 57
	Cov V _{YL}	60. 00	38. 66	102. 52	— 95. 57	— 36. 53	— 145. 59	2 463. 13
	Cov V _{GY}	— 35. 57	33. 83	41. 87	— 8. 04	— 3. 76	— 60. 68	— 3 194. 37
	Cov V _{GL}	— 3. 38	0. 22	45. 14	— 1. 37	— 3. 25	— 19. 89	— 7 720. 74
	Cov V _{CYL}	38. 40	— 28. 38	— 33. 55	2. 34	4. 82	76. 34	7 612. 55

1) GP: germination percentage; SP: stooling percentage; NM: number of millable cane per hectare; SL: stalk length; SD: stem diameter; SM: stalk mass; SC: sucros content. 2) Cov V_Y: 年份 协方差; Cov V_L: 试点 协方差; Cov V_{YL}: 年份与试点 交互 协方差; Cov V_{GY}: 基因与年份 交互 协方差; Cov V_{GL}: 基因与试点 交互 协方差; Cov V_{CYL}: 剩余 协方差

表 3 甘蔗 5 个品种的蔗茎产量、蔗糖产量和综合性状对环境指数回归分析的参数估计值和 95% 置信 区间

Tab. 3 Estimates of parameters and their 95% confidence intervals for regression analysis of stalk yield sugar yield and conbined trait on environment index in five sugarcane varieties

性状	品种	截距 intercept		斜率 slope		相关系数 correlation coefficient		平均数 average	
		估计值	置信区间	估计值	置信区间	估计值	置信区间	平均值	标准误
		estimate	95% C. I.	estimate	95% C. I.	estimate	95% C. I.	mean	S. E.
蔗茎产量	粤糖 93/ 159	1 040. 06	630. 85~ 1 449. 27	0. 895	0. 830~ 0. 959	0. 844	0. 756~ 0. 932	90 297	14 195
	Roc10	— 270. 05	— 1 800. 14~ 1 260. 04	0. 958	0. 685~ 1. 232	0. 835	0. 714~ 0. 956	76 125	14 259
	粤糖 63/ 237	— 971. 44	— 2 923. 27~ 980. 40	1. 086	0. 693~ 1. 478	0. 824	0. 728~ 0. 920	67 373	14 944
	Roc16	446. 68	— 952. 93~ 1846. 30	0. 945	0. 718~ 1. 172	0. 786	0. 648~ 0. 924	89 688	15 074
	Roc22	872. 52	— 324. 86~ 1420. 17	0. 923	0. 864~ 0. 981	0. 790	0. 668~ 0. 930	92 380	16 136
蔗糖产量	粤糖 93/ 159	206. 68	— 17. 73~ 431. 08	0. 897	0. 645~ 1. 149	0. 830	0. 721~ 0. 939	14 925	2 021
	Roc10	52. 44	— 374. 96~ 270. 08	0. 955	0. 594~ 1. 316	0. 782	0. 572~ 0. 992	11 809	2 013
	粤糖 63/ 237	— 151. 60	— 641. 42~ 338. 23	1. 050	0. 449~ 1. 651	0. 804	0. 668~ 0. 940	10 343	2 060
	Roc16	— 87. 63	— 396. 92~ 221. 66	1. 114	0. 809~ 1. 418	0. 789	0. 672~ 0. 906	13 940	2 137
	Roc22	196. 95	51. 78~ 342. 13	0. 836	0. 707~ 0. 965	0. 824	0. 650~ 0. 998	14 202	2 335
综合性状	粤糖 93/ 159	111. 75	105. 33~ 118. 16	— 0. 052	— 0. 101~ 0. 004	0. 843	0. 742~ 0. 944	263. 72	220. 35
	Roc10	— 25. 61	— 578. 43~ 527. 22	1. 361	— 4. 202~ 6. 924	0. 816	0. 678~ 0. 954	110. 97	212. 62
	粤糖 63/ 237	95. 54	87. 02~ 104. 06	— 0. 052	— 0. 099~ — 0. 005	0. 783	0. 629~ 0. 937	86. 14	194. 42
	Roc16	— 569. 02	— 1 071. 90~ — 66. 13	6. 723	1. 656~ 11. 791	0. 823	0. 684~ 0. 962	233. 04	228. 83
	Roc22	227. 42	— 4. 338~ 459. 174	— 1. 250	— 3. 568~ 1. 068	0. 818	0. 692~ 0. 994	200. 00	268. 71

3 讨论

甘蔗主要性状受随机因素影响的效应互不相同, 说明了环境因素对不同性状的效应不同, 所以在生产实际上要针对不同蔗区的气候、土壤等特点, 推广具有优势性状的甘蔗品种, 达到最佳的产量和经济效益.

通过甘蔗 7 个主要性状与蔗茎产量和蔗糖产量的协方差分量的分析, 可以深入探索环境因素对甘蔗主要性状的作用效应的具体方向. 为甘蔗品种的改良和推广提供理论上的依据. 甘蔗产量建成的前期因素(萌芽率)和蔗糖产量的基础(蔗糖分)与蔗茎产量和蔗糖产量受到环境因素的作用有不一致的效应, 即为环境因素效应不一致型; 甘蔗产量构成的基

础(分蘖率和有效茎数)与蔗茎产量和蔗糖产量受环境因素(除试点外)有相对的一致性效应;甘蔗产量构成的主要因素(茎长、茎径和单茎质量)与蔗茎产量和蔗糖产量受到环境因素作用的直接效应是一致的,但受到环境因素之间的互作效应表现为不一致性。

甘蔗品种粤糖 93/159 和 Roc22 具有萌芽快而整齐,萌芽率高、分蘖力旺盛,有效茎数较多,单茎质量及蔗茎产量和蔗糖产量都较高,且主要性状的综合表现和稳定性甚优,尤其是粤糖 93/159 还具有特早熟高糖的优点,是生产上可大面积推广利用的优良品种;Roc16 的主要性状表现均较好,但其稳定性表现较差,尚需继续试验观察;Roc10 和粤糖 63/237 原有的优良特性已退化,应减少其种植面积,甚至在生产实际中应予淘汰。

参考文献:

[1] 张革民. 甘蔗品种的蔗茎产量及蔗糖分表现的区域性

[J]. 甘蔗, 2002 9(2): 49—52.

[2] 戴芝民, 林一心, 潘世明, 等. 甘蔗品种第三轮区域化试验初报[J]. 广西蔗糖, 2002 26(1): 3—10.

[3] 黄家雍, 闭才玲. 广西甘蔗品种丰产性和稳定性分析[J]. 广西农业科学, 1997, (5): 219—221.

[4] 杨生超, 杨清辉, 李富生, 等. 几个甘蔗品种产量和糖分稳定性分析[J]. 种子, 2002, (3): 47—48.

[5] 黄久凯, 世荣仲. 关联度和模糊概率在甘蔗品种(系)综合评价中的应用[J]. 甘蔗, 1996 3(3): 14—18.

[6] 刘少春, 吴正昆, 陈学宽, 等. 引进甘蔗品种主要经济性状模糊综合评判[J]. 甘蔗糖业, 2002 (1): 15—18.

[7] 文建成, 符菊芬, 陈学宽, 等. 甘蔗品种灰色模糊多维综合评估分析[J]. 中国糖料, 2001, (3): 5—8.

[8] 朱 军, 赖鸣岗, 许馥华. 作物品种区域试验非平衡资料的分析方法——综合性状的分析[J]. 浙江农业大学学报, 1993 19(3): 241—247.

[9] 朱 军. 遗传模型分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 213—230.

【责任编辑 周志红】

欢迎订阅 2005 年《华南农业大学学报》

《华南农业大学学报》是华南农业大学主办的综合性农业科学学术刊物。本刊主要报道农业各学科的科研学术论文、研究简报、综述等,设有农学·园艺·土壤肥料、植物保护、生物学、林业科学、动物科学与兽医学、农业工程与食品科学、信息科学、基础科学、综述、简报等栏目。本刊附英文目录和英文摘要。读者对象主要是农业院校师生、农业科研人员和有关部门的专业干部。

本刊为《中国科学引文数据库》、《中国科技论文统计源(中国科技核心期刊)》及《中国学术期刊综合评价数据库》固定刊源,并排列在中国科学引文数据库被引频次最高的中国科技期刊 500 名以内。被《中文核心期刊要目总览》确认为综合性农业科学核心期刊、植物保护类核心期刊。为美国《化学文摘》、美国《剑桥科学文摘》、生物技术与生物工程》、俄罗斯《文摘杂志》、英国《CABI》、英国《动物学记录》、《中国生物学文摘》及国内所有农业文摘期刊等国内外多家著名文摘固定刊源。

国内外公开发行、季刊、大 16 开。每期 124 页,定价 5.00 元,全年 20.00 元、自办发行,参加全国非邮发报刊联合征订发行,非邮发代号:6573。

订阅办法:订阅款邮汇至:300385 天津市大寺泉集北里别墅 17 号,全国非邮发报刊联合征订服务部。

《华南农业大学学报》编辑部