

# 甘蔗产量组分的相关与通径分析\*

李 玉 潜

(农学系)

## 提 要

本研究从表现型、基因型和环境水平测定了蔗糖产量、蔗茎产量及其组分间的相关性，并进行了产量性状间的通径分析，结果表明：蔗茎产量、蔗茎蔗糖率两性状与蔗糖产量呈极显著的表现型正相关，而且两者对蔗糖产量的基因型直接效应也十分相近，但表现型和环境的直接效应则蔗茎产量比蔗茎蔗糖率的贡献要大一些，而蔗茎产量与蔗茎蔗糖率之间的表现型负相关未达到显著水准，茎数和单茎重构成蔗茎产量，而且两者对蔗茎产量表现出强的、正的、几乎相等的基因型、表现型直接效应，而茎数与单茎重之间存在极显著的表现型负相关；表现型、基因型、环境相关分割的结果，组成单茎重的三因素中，都以茎径对单茎重贡献最大，茎长和比重的贡献较少，但各因素的贡献大小又因基因型或环境而异。

## 前 言

对于甘蔗产量性状的研究，早在1965年Herbert等人已有报道<sup>[4]</sup>，后随着育种栽培的需要，James (1971)、Miller和James (1974) 等在性状的表现型相关分析基础上进行了各产量组分对产量的相对重要性的研究<sup>[5][7]</sup>，Balasundaram 等人(1978)既研究表现型也研究基因型相关，而且把茎数、蔗茎含糖率与组成单茎重的最初性状——茎径、茎长并列起来对蔗糖产量进行通径分析，结果认为茎数对蔗糖产量的贡献最大，其次是茎径和茎长，含糖率的贡献最小<sup>[1][2]</sup>，但在Mariotti (1973)的研究结果是茎长和比重对蔗茎产量的基因型直接效应为负值<sup>[6]</sup>。

本试验从表现型、基因型和环境水平分析了甘蔗各产量性状的相关性。此外，还根据因果关系逐级分析了构成蔗糖产量、蔗茎产量和单茎重等诸因素的直接、间接效应，比较其相对重要性，以期为甘蔗高产育种和丰产栽培提供理论依据。

## 材 料 和 方 法

试验于1980年3月在本院附属农场有灌溉的壤土田进行，参试的九个甘蔗品种包括大、中、小茎和高、中、低糖等类型，其中粤糖57/423、粤糖63/237、粤糖71/210、华南56/12、粤农73/209、平步72/111六个是在广东育成，还有广西的桂糖57/624，台湾

\* 沈锦辉、李洁维等同志参加了检糖工作，谨致谢意。

的台糖134，印度331，采用梢段双芽苗，经石灰水浸种，托布津消毒，催芽后下种，四次重复，随机排列，行距3.3市尺，双行植，小区行长12市尺、下种33个双芽，下种后按一般大田栽培管理。1981年2月10日沿地表收获蔗茎，并把最高可见肥厚带以下30公分处砍去作为收获蔗茎，调查小区收获茎数，称得小区蔗茎产量和平均小区单茎重，在小区内随机取样10条，测量茎长、茎径（中部），并称10茎重，根据公式 $V = \pi (\frac{D}{2})^2 L$ 计算蔗茎体积（公式中L=茎长，D=茎径），蔗茎重量除以体积求得比重，旋光法测定蔗茎蔗糖率，折算单位面积蔗糖产量，所调查的九个性状中除蔗茎蔗糖率经反正弦变换外，其他各性状均以小区平均值为单位进行方差、协方差分析，计算性状间的表现型相关( $r_{Ph}$ )、基因型相关( $r_g$ )和环境相关( $r_e$ )，然后分别按Dewey和Lu<sup>[8]</sup>所描述的方法进行通径分析。

## 结果和分析

### （一）参试品种各性状的平均值、变异系数、标准差及变幅

参试品种调查性状的平均值、变异系数、标准差及变幅如表1所示：

从表1表明：品种间的不同性状的变异系数变异很大，其中以茎数变异最大(24.52%)，随后依次为单茎重(18.72%)、蔗糖产量(16.07%)、蔗茎产量(12.34%)、蔗茎蔗糖率(12.30%)、茎径、比重和茎长变异较少，分别是9.25%、5.17%、3.92%，这与Balaundaran和James<sup>[1][5]</sup>的结果基本一致。

### （二）产量性状间的表现型相关、基因型相关、环境相关

相关系数说明两个变数间的密切程度，两个性状间的表现型相关是包括由遗传所决定的基因型相关和由同一环境以一定的关联性作用在这两个性状所产生的环境相关即表现型相关是包含了遗传效应和环境效应。所以在研究表现型相关的同时研究基因型相关和环境相关才能弄清表现型相关主要是什么原因所引起的，只有排除外界环境作用的基因型相关系数才能真实反映出性状间的相关的遗传效应，为育种工作进行性状的直接、间接选择提供依据。如对一些遗传力低的性状，可通过另一遗传力高的而又与此有密切相关的性状进行间接选择，就更能收到预期效果。环境相关主要反映出栽培条件变化时（指变化不太大而言）引起的某一性状变化对另一性状产生的影响，可为高产栽培提供依据。性状间的表现型、基因型和环境相关，其相关值如表2。

从表2看出：所研究的部分性状间的表现型相关与基因型相关的方向一致，与环境相关的方向相反，且以基因型相关值略高，说明这些性状间的表现型相关的方向主要是由遗传效应在起作用，相关值则被方向相反的环境效应所减弱；另一部分性状间的表现型相关与环境相关的方向相同，与基因型相关的方向相反，说明这些性状间的相关受环境的影响很大，以致基因型相关的方向被环境相关所掩盖；再一部分性状则三种相关的方向相同，说明表现型相关是环境效应与遗传效应在同一方向上作用的结果，环境效应增大了表现型相关值。

相关分析表明：单位面积产糖量与茎径、单茎重、单位面积蔗茎产量、蔗茎蔗糖率

表1 参试品种调查性状的平均值( $\bar{x}$ )、标准差( $S_x$ )、变异系数(C.V%)及变幅

$\bar{X} \pm S_x$	项 目 品 种	茎 数 (条/小区)	茎 径 (cm)	茎 长 (cm)	比 重 (g/cm <sup>3</sup> )	单茎重(市斤) (10株平均)	单茎重(市斤) (小区平均)	蔗茎产量 (市斤/小区)	蔗茎糖率 (%)	蔗糖产量 (市斤/小区)
合糖134		35.3±3.0	2.86±.16	216.8±26.3	0.94±.06	2.65±.54	2.42±.44	84.5±11.4	11.01±.37	9.31±1.38
粤糖57/423		28.5±4.2	3.18±.20	196.6±18.9	1.03±.09	3.21±.63	2.72±.34	77.3±12.7	11.76±.78	9.05±1.25
华南56/12		37.3±4.0	2.63±.19	209.0±19.9	1.00±.04	2.29±.44	2.12±.34	78.6±11.6	11.77±.90	9.23±1.33
粤糖63/237		38.5±4.9	2.74±.14	219.2±23.2	0.98±.12	2.50±.31	2.28±.33	87.9±16.2	11.99±.23	10.52±1.79
桂糖57/624		34.3±1.7	2.85±.12	219.4±14.0	0.99±.03	2.79±.44	2.31±.16	78.9±5.67	12.45±1.01	9.85±1.32
平步72/111		36.0±4.3	3.18±.15	215.1±11.2	0.96±.02	3.30±.41	2.84±.22	102.0±12.8	11.74±.50	11.94±1.25
印度331		61.3±7.7	2.35±.15	213.3±10.3	0.88±.16	1.62±.17	1.33±.18	81.7±17.2	7.91±.88	6.51±1.75
粤糖71/210		47.8±4.8	2.73±.12	201.2±18.5	0.93±.03	2.19±.28	2.25±.23	106.9±9.49	10.72±1.15	11.42±1.15
粤农73/209		35.3±3.8	2.71±.09	204.3±2.73	1.04±.03	2.46±.15	2.31±.13	81.2±5.50	12.34±.32	10.01±.45
$\bar{x} \pm S_x$		39.3±9.6	2.80±.26	210.5±8.25	0.97±.05	2.55±.52	2.29±.43	86.5±10.7	11.30±1.39	9.76±1.75
C.V. (%)		24.52	9.25	3.92	5.17	20.30	18.72	12.34	12.30	16.07
最 高		28.50	2.35	196.6	0.881	1.62	1.33	77.30	7.91	6.51
最 低		61.30	3.18	219.4	1.043	3.30	2.84	106.85	12.45	11.94

表 2 参试品种性状间的表现型相关、环境相关、基因型相关

<i>r</i> 性 状  性 状	茎径	茎长	比重	单茎重 10株平均	单茎重 小区平均	蔗茎产量 小区称重	蔗茎蔗糖率 ( $\sin^{-1} \sqrt{\%}$ )	蔗糖产量 (小 区)
茎 数 (小 区)	-.6209** .0719 -.8315	.0628 -.1443 .2634	-.3789* .1003 -.1.3664	-.5917** .0720 -.9213	-.7240** -.5888 -.8752	.3231 .6725 .2022	-.6828** .4718 -.9794	-.1598 .6912 -.5700
				.0463 .1191 -.3991	.0407 -.6054 .9625	.8645** .5406 1.0174	.7806** .1583 .1.0063	.2010 .1869 .1.932
				.1048 .2028 -.1.3588	.4197* .7678 -.5034	.2910 .0463 -.0426	.4383** .5005 -.3990	.4650** .2572 .6307
茎 长					.3827* .1747 .8661	.3541* -.0534 .9737	.0429 .2231 -.7855	.4679** .1519 1.2985
							.3408* .5449 .0096	.4695** .2208 .7394
								.5841** .5373 .5655
单 茎 重 (10株平均)							.3723* .1631 .2590	.5191** -.1982 .8424
								.6238** -.0077 .8235
								.7702** .8488 .6749
蔗 茎 产 量 (小区称重)								.5663** .7187
								.6682
蔗茎蔗糖率 ( $\sin^{-1} \sqrt{\%}$ )								

表中每单元的上列数字为表现型相关，中列数字为环境相关，下列数字为基因型相关。表现型相关检验： $\geq 0.329$  的为 5% 显著水准 \*； $\geq 0.425$  的为 1% 显著水准 \*\*。遗传相关和环境相关未检定显著性。

呈极显著的表现型正相关，与基因型和环境相关的方向基本一致，显示这些性状之间的密切的表现型相关除遗传效应外还存在着同一方向的环境效应。单位面积产糖量与茎数、茎长、比重间的表现型相关不显著，其中与茎数的不密切的表现型相关是由于正的环境效应把较高的基因型负相关抵消所致，即茎数与蔗糖产量的表现型相关的方向主要是受遗传效应所支配，但相关值则被反方向的环境效应所减弱，而与茎长的弱的表现型正相关是因为有较强的环境效应把负的遗传效应掩盖了，即茎长与蔗糖产量的表现型

相关主要受环境效应所决定。

蔗茎蔗糖率与茎径、比重、单茎重呈极显著的表现型正相关（且与基因型、环境相关的方向基本一致），与茎数呈极显著的表现型负相关，与蔗茎产量呈不显著的表现型负相关（这两对相关主要都是由遗传效应所决定）。蔗茎产量与茎长、单茎重呈显著或极显著的表现型正相关，蔗茎产量与茎数的表现型相关在遗传和环境效应同方向的作用下也未达显著水准。

小区平均单茎重与小区茎数呈极显著的表现型负相关，取样株的单茎重与茎径、茎长、比重呈显著或极显著的表现型正相关。茎数与茎径、比重呈显著或极显著的表现型负相关……。

上述相关分析结果与 Balasundrum (1978)、Miller 和 James (1974)<sup>[1][7]</sup> 等的结果大同小异，反映出不同材料不同条件的普遍性和特殊性。

### 三、甘蔗产量组分的通径分析

相关系数能测定两个性状间的密切程度；通径系数分析能把相关系数分割为直接效应和间接效应，以直接效应比较多个有相互关系的原因性状时结果性状的相对重要性，现把蔗糖产量、蔗茎产量、蔗茎蔗糖率、茎数、单茎重、茎长、茎径和比重等性状按因果关系列成下列的通径图 1

图 1 中的单茎重这性状基本上把它看

作由茎径、茎长、比重三因素所构成，而茎径、茎长、比重之间又有一定的相互关系；蔗茎产量又由有平行关系的茎数和单茎重所决定；蔗糖产量取决于蔗茎产量和蔗茎蔗糖率。

下面以表现型、基因型和环境相关系数进行各级产量组分的直接效应和间接效应的分析估算：

1. 单茎重与其构成因素的通径分析：单茎重与其构成因素间的表现型、基因型和环境相关分割为直接效应和间接效应如表 3-a，分别以直接效应（即通径系数 p）比较三因素对单茎重的相对重要性如图 2。

从表 3-a 看出：每两个性状间的相关值是由直接效应和间接效应组成，如茎径与单茎重的相关值可分割为茎径对单茎重的直接效应和茎径通过茎长对单茎重、茎径通过比重对单茎重的间接效应。表 3-a 中茎径与单茎重的基因型与环境相关值都是正向的，且基因型相关 (1.0174) 比环境相关 (0.5460) 高得多，但因基因型相关中茎径通过比重对单茎重的间接效应为 0.2059，茎径通过茎长对单茎重的间接效应是 -0.0527，所以茎径对单茎重的直接效应 ( $P_1$ ) 只有 0.8642，而环境相关中茎径通过比重对单茎重的间接效应是 -0.3325，茎径通过茎长对单茎重的间接效应是 0.0667，所以茎径对单茎重的直接效应也有 0.8064，与基因型直接效应相近；茎长与单茎重的基因型相关 (-0.5034) 是负向，环境相关 (0.7678) 是正向，但负向的基因型相关值都集中在基长通过茎径对单茎重的间接效应 (-0.3449) 和基长通过比重对单茎重的间接效应

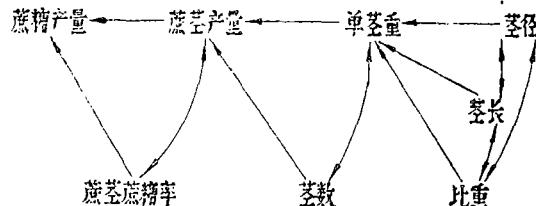


图 1 蔗糖产量、蔗茎产量、单茎重与它们的构成因素的通径分析，图中双箭头线表示性状间的关系；单向箭头线表示性状的因果通径关系。

表 3-a 茎径、茎长、比重对单茎重的直接和间接效应

因 素	表现型	基因型	环 境
茎径对单茎重的直接效应 ( $P_1$ )	0.8357	0.8642	0.8064
通过茎长的间接效应	0.0161	-0.0527	0.0667
通过比重的间接效应	0.0127	0.2057	-0.3325
茎径与单茎重的相关值 ( $r$ )	0.8645	1.0174	0.5406
茎长对单茎重的直接效应 ( $P_2$ )	0.3483	0.1322	0.5604
通过茎径的间接效应	0.0387	-0.3449	0.0960
通过比重的间接效应	0.0327	-0.2907	0.1114
茎长与单茎重的相关值 ( $r$ )	0.4197	-0.5034	0.7678
比重对单茎重的直接效应 ( $P_3$ )	0.3122	0.2140	0.5492
通过茎径的间接效应	0.0340	0.8318	0.1136
通过茎长的间接效应	0.0365	-0.1707	-0.4881
比重与单茎重的相关值 ( $r$ )	0.3827	0.8661	0.1747

(-0.2907) 上, 而把茎长本身对单茎重的正的直接效应 (0.1322) 掩盖, 而正的环境相关值通过茎径、比重对单茎重的间接效应值较低, 大部分集中在茎长本身对单茎重的直接效应 (0.5604) 上, 所以, 环境直接效应比基因型直接效应 (0.1322) 高; 比重与单茎重的基因型相关 (0.8661) 比环境相关 (0.1747) 高; 但因基因型相关主要集中在通过茎径对单茎重的间接效应 (0.8318) 上, 因此, 比重对单茎重的基因型直接效应只有 0.2140, 而比重与单茎重的环境相关虽然较低, 但因它通过茎长对单茎重的间接效应是 -0.4881, 所以

比重本身对单茎重有较高的直接效应 (0.5492), 比基因型直接效应 (0.2140) 高; 茎径、茎长、比重与单茎重的表现型相关值都集中在它们本身对茎重的直接效应上, 而通过其它性状起的间接作用较少。

图 2 显示基因型、表现型和环境相关分割出来的直接效应 (即通径系数  $p$ ), 分别比较其茎径、茎长、比重三因素对单茎重的贡献大小, 结果表明: 三种相关中的三因素对单茎重的贡献都是正向的, 而且都是以茎径的贡献最大, 茎长和比重的贡献较小, 即在其它因素保持不变时, 分别提高三因素中的任何一个都能不同程度地增加单茎重, 但增大茎径要比茎长、比重的增长对单茎重的作用更有效, 茎径、茎长、比重对单茎重的直接效应大小还因基因型、表现型、环境而异, 如基因型直接效应以茎径的作用最大, 为茎长的 6.54 倍, 为比重的 4.04 倍; 环境直接效应, 茎径的作用虽然也最大, 但它只有茎

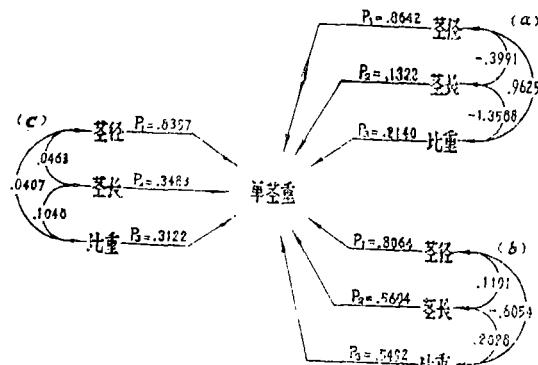


图 2 构成单茎重的三个性状间的关系及它们对单茎重的通径分析 (a) 基因型; (b) 环境; (c) 表现型, 双向箭头间数字为相关系数,  $p$  为通径系数。

长的1.44倍，只有比重的1.47倍；表现型的直接效应看，茎径的作用比茎长、比重大的倍数介乎基因型与环境效应之间。

由此可见，在高产育种中，为了达到改善单茎重的目的，选择大茎要比选择长茎和高比重有效得多；在高产栽培中，为了提高单茎重，在增大茎径的同时增加茎长和比重也是十分重要的。

2. 蔗茎产量、蔗糖产量与其构成因素间的通径分析：蔗糖产量与其构成因素间的基因型、表现型、环境相关系数剖分为直接、间接效应如表3—b、表3—c；以直接效应比较茎数、单茎重对蔗茎产量的贡献如图3（左）；以直接效应比较蔗茎产量、蔗茎蔗糖率对蔗糖产量的贡献如图3（右）。

表3—b 茎数、单茎重对蔗茎产量的直接、间接效应

因 素	表 现 型	基 因 型	环 境
茎数对蔗茎产量的直接效应 ( $p_1$ )	1.2455	1.8326	1.1764
通过单茎重的间接效应	-0.9224	-1.6304	-0.5039
茎数与蔗茎产量的相关值 ( $r$ )	0.3231	0.2022	0.6725
单茎重对蔗茎产量的直接效应 ( $p_2$ )	1.2741	1.8629	0.8557
通过茎数的间接效应	-0.9018	-1.6039	-0.6906
单茎重与蔗茎产量的相关值 ( $r$ )	0.3723	0.2590	0.1631

表3—c 蔗茎产量、蔗茎蔗糖率对蔗糖产量的直接、间接效应

因 素	表 现 型	基 因 型	环 境
蔗茎产量对蔗糖产量的直接效应 ( $P_1$ )	0.8169	0.7545	0.6839
通过蔗茎蔗糖率的间接效应	-0.0467	-0.0796	0.1649
蔗茎产量与蔗糖产量的相关值 ( $r$ )	0.7702	0.6749	0.8488
蔗茎蔗糖率对蔗糖产量的直接效应 ( $p_2$ )	0.6271	0.7485	0.4871
通过蔗茎产量的间接效应	-0.0608	-0.0803	0.2316
蔗茎蔗糖率与蔗糖产量的相关值 ( $r$ )	0.5663	0.6682	0.7187

从表3—b、图3的左半部比较了两因素对蔗茎产量的相对重要性，从基因型和表现型看，茎数、单茎重两因素对蔗茎产量都表现出程度一致的积极贡献，这说明在选育蔗茎产量高的品种中，茎重和茎数两性状都有同等重要的地位，但由于茎数与单茎重之间存在较强的负相关，因而两者兼顾是困难的，但这并不排除某些茎数相对较多，平均单茎重又较高的高产品种的可能性，如参试品种中的粤糖71/210、平步72/111等。从环境效应看，则以茎数对蔗茎产量的贡献单茎重要一些，如茎数效应为单茎重效应的1.37倍。

从表3—c、图3（右）看来：蔗茎产量、蔗茎蔗糖率对蔗糖产量都有极显著的表现型相关，且两者对蔗糖产量的基因型直接效应也非常接近，这说明在育种工作中，为了提高产糖量，除注意改善蔗茎蔗糖率外，提高蔗茎产量也是很重要的。此外，由于蔗

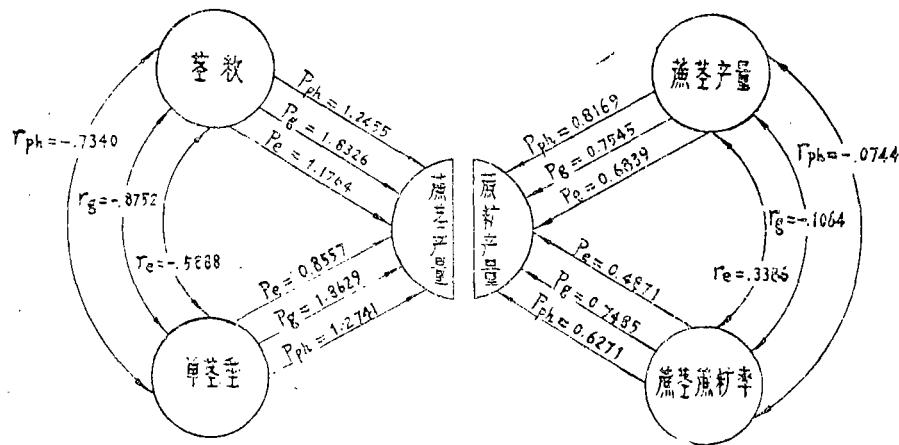


图3 茎数、单茎重对蔗茎产量的通径(左), 蔗茎产量、蔗茎蔗糖率对蔗糖产量的通径(右)。  
弧线间数字外层为表现型相关( $r_{ph}$ )，中层为基因型相关( $r_g$ )，内层为环境相关( $r_e$ )直线上数字  
为相应的相关分割出来的通径系数。

蔗产量和蔗茎蔗糖率之间未发现明显的关系，所以育成既高产又高糖的甘蔗品种是有可能的。但它们对蔗糖产量的表现型和环境的直接效应则以蔗茎产量高于蔗茎蔗糖率，即蔗茎蔗糖率对蔗糖产量的环境效应较少，蔗茎产量受环境影响较大，所以甘蔗高产栽培中，维持一定的蔗茎蔗糖率的前提下，重点应放在提高蔗茎产量，以达亩产糖量高的目的。

## 讨 论

(一) 比较甘蔗各产量因素对产量的作用，首先要分清因素间的并列关系和因果关系，本文把茎径、茎长、比重并列作为因，单茎重为果；茎数、单茎重并列作为因，单位面积蔗茎产量作为果；把单位面积产蔗茎、蔗茎蔗糖率并列作为因，单位面积产糖量作为果，这样分析比较的结果较合理，把非平行的因素并列起来分析，把茎数、蔗糖率与组成单茎重的茎径、茎长并列起来比较则会过份突出了茎数和降低了蔗糖率对蔗糖产量的作用。

(二) 同一通径系统的性状，数据来源尽可能一致，如对单茎重的通径系统中，茎径、茎长、比重的数据来自取样株，对该取样株平均单茎重进行分析，结果三者对单茎重的表现型、基因型和环境的直接效应都是正向的，如把它们对小区平均得来的单茎重去分析，则易出现偏差，甚至会出现茎长、比重对单茎重的负向基因型效应的结果，本试验采用前法；在对蔗茎产量(小区称重)的通径系统中，单茎重和茎数则也应用小区算出的数据参与分析，如其中单茎重这性状是用取样株平均的数据参与分析，这样的结果往往会降低了单茎重对单位面积蔗茎产量的作用，本试验采用前法进行分析。

## 参考文献

- [1] Balasundaran, N. and K.V. Bragyalakshmj 1978. Variability, heritability and association among yield and yield components in sugarcane. Ind.J.Agr.Sci,48.No 5:291—295.
- [2] ———— 1978. Path analysis in sugarcane, Ind J. Agr. Res. 12 : 215—218.
- [3] Dewey, D.R., and K.H. Lu. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed proclution. Agron. J. 51 : 511—518.
- [4] Herbert, L.P. 1965. Association between yield components and yield of sugarcane varielies in Louisenana. Proc. int Soc. Sug. Cane Thchnol. 12 : 760—3.
- [5] James, N.I. 1971. Yield components in random and selected sugarcane population. Crop Sci. 11 : 906—908.
- [6] Mariotti, J. A. 1973. A path-analysis of yield components in sugarcane. ISSCT. SBN 32 : 14—18.
- [7] Miller, J. D. and James, N.I. 1974. The influence of stalk density on cane yield. Proc. int. Soc. Sug. Cane Technol. 15 : 177—84.

A CORRELATION AND PATH-COEFFICIENT ANALYSIS OF  
YIELD-COMPONENT IN SUGARCANE

Li Yuqian

(Department of Agronomy)

ABSTRACT

In this study, the correlation of the stalk and sugar yield to their eomponents of the phenotypic, genotypic and environmental leves were determined and then subjected the rph. rg. re-values to path-coefficient analyses. It was indicated that sugar yield was positively phenotypic ally correlated with the stalk yield and the sucrose content (%) very significantly, and the stalk yield and the sucrose content (%) exerted rather similarly a direct effect on the genotype of the sugar yield. However, the stalk yield was shown to play a more important roel than the sucrose content (%) as for as the direct effect on the environment and the phenotype of sugar yield was conerned. It was indicated that the sucrose content (%) was only slightly negatively correlated with the stalk yield; The number of stalks and the weight of a single stalk accounted for the stalk yield, both having a similar and strong positive direct effect. The study of the correlation of phenotype to genotype and environment indicated that the stalk diameter was the most important, followed by the length and then the density, but the roles of the stalk diameter, the stalk length and the density were shown to vary with the diffevent genotypes and orevironmental conditions.