

# 玉米苗期不同供水条件下穗部性状与产量的相关分析

崔震海<sup>1,2</sup>, 张立军<sup>1</sup>, 樊金娟<sup>1</sup>, 阮燕晔<sup>1</sup>, 马兴林<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 生物科学技术学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 中国农业科学院 作物科学研究所, 北京 100081)

**摘要:** 本试验在防雨棚中盆栽条件下进行。供试玉米杂交种 5 个, 苗期设置正常供水、轻度干旱胁迫和中度干旱胁迫 3 个供水处理, 拔节期均复水到正常供水水平。籽粒成熟后, 对产量和主要穗部性状进行相关分析和通径分析。结果表明: 正常供水条件下, 百粒重对产量的影响较大; 轻度干旱胁迫条件下, 粒长和出籽率与产量关系最密切, 通径分析表明轴粗对产量的贡献最大; 中度干旱胁迫条件下, 行粒数对产量的影响较大。

**关键词:** 玉米; 苗期; 干旱胁迫; 穗部性状; 相关分析; 通径分析

中图分类号: S5131.01 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2008)01- 0123- 05

## Correlation Analysis of Grain Yield and Ear Characters of Maize during Seedling Stage with Different Water Supply

CUI Zhenhai<sup>1,2</sup>, ZHANG Lijun<sup>1</sup>, FAN Jinjuan<sup>1</sup>, RUAN Yanyue<sup>1</sup>, MA Xinglin<sup>2</sup>

(1. College of Biological Science and Technology, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China; 2. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081, China )

**Abstract:** Pot experiment was carried out with 5 maize hybrids under three levels of water supply treatment (light drought stress, modest drought stress and CK) during seedling stage in a rain shelter. And normal water treatment was re-covered in the jointing stage. Correlation and path analysis on main ear characters and grain yield were studied in the harvest stage. The result indicated: Under normal water condition 1002 grain weight was dominant in affecting grain yield. Under light water drought stress level the effect on grain yield of kernel length and produced grain percentage were important, path analysis indicated that the most contribution to the grain yield was corn cob width. Under modest water drought stress level grains per row was dominant in affecting grain yield.

**Key words:** Maize; Seedling stage; Drought stress; Ear character; Correlation analysis; Path analysis

我国北方大部分地区干旱缺雨, 玉米生长的苗期经常遇到水分亏缺的问题, 旱情较重的年份常造成缺苗断垄, 导致减产。通过栽培育种手段提高缺水条件下玉米的产量, 是解决这一问题的关键。近年来, 关于玉米穗部性状与产量关系的研究有许多报道<sup>[1-4]</sup>。但这些研究大多只是在同一水分条件下进行的, 而苗期不同供水条件下对玉米穗部性状和产量之间关系的研究鲜见报道。有鉴于此, 我们开展了本研究, 以期在生产中选用抗旱、高产的品种

及新品种选育提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料与处理

试验于 2004 年在中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所试验站(北京)内的防雨棚中进行盆栽。供试玉米杂交种 5 个: 郑单 958、郑单 19、四单 19、龙单 13、鲁单 981。试验用盆为自行设计的子母盆, 母盆高 35 cm, 直径 29 cm; 子盆高 28.17 cm, 直

收稿日期: 2007- 12- 09

基金项目: 国家高技术研究发展计划/ 863 计划基金资助项目(2006AA100220)

作者简介: 崔震海(1978- ), 男, 辽宁沈阳人, 在读博士, 主要从事植物发育与环境生理的研究工作。

通讯作者: 马兴林(1965- ), 男, 河北任丘人, 副研究员, 博士, 主要从事玉米栽培的研究工作。

径2512 cm。盆土取自试验站内试验田耕层, 每盆装土量相等, 为 13175 kg, 基肥为优质农家肥, 500 g/ 盆, 种肥为磷酸二铵 5 g/ 盆。拔节期、吐丝期、灌浆期 3 次追肥, 每次施尿素 3 g/ 盆, KCl 1 g/ 盆。5 月 23 日播种, 每盆播 3 粒种子, 四叶期定苗, 每盆留 1 株。3 次重复。每个处理设置 3 个不种植株的空白盆, 目的是计算水分的非蒸腾散失, 最终计算出蒸腾耗水量。

水分控制与管理的主要措施为: 播种后先浇 1 次透水, 定苗后盖泡沫板, 以防止水分地表蒸发, 泡沫板上留出苗孔和灌水孔。采用称重法控水, 在拔节前每隔 5~ 7 d 灌水 1 次, 拔节后每 3 d 灌水 1 次。水分处理为正常供水、轻度干旱胁迫和中度干旱胁迫 3 个水平, 土壤含水量分别为最大持水量的 70% ~ 75%, 55% ~ 60% 和 45% ~ 50%, 水分胁迫在出苗时开始, 拔节后复水至正常供水水平。

### 1.2 性状测定

穗部性状: 穗行数 ( $x_1$ )、行粒数 ( $x_2$ )、百粒重 ( $x_3$ )、秃尖长 ( $x_4$ )、粒长 ( $x_5$ )、出籽率 ( $x_6$ ) 和轴粗 ( $x_7$ ) 由考种获得。

产量 ( $y$ ): 玉米生理成熟时, 按单株收获, 单穗

脱粒, 籽粒均脱水至 14% 的含水量后称重。

### 1.3 数据分析

对  $x_1 \sim x_7$  和产量 8 个指标进行相关分析, 获得相关系数( $r$ )。以  $x_1 \sim x_7$  为自变量, 产量( $y$ )为因变量进行通径分析, 获得直接通径系数和间接通径系数。所有数据采用 SPSS 11.5 统计分析软件处理<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 苗期不同供水条件下穗部性状与产量的相关分析

2.1.1 正常供水条件下穗部性状与产量的相关分析 从表 1 可以看出, 正常供水条件下各穗部性状与产量的相关程度依次为: 出籽率> 百粒重> 粒长> 轴粗> 行粒数> 秃尖长> 穗行数, 其中只有秃尖长与产量呈负相关。出籽率与产量表现出极显著正相关( $r= 0.1745\ 93$ ), 百粒重、粒长和轴粗与产量表现出显著正相关( $r= 0.1567\ 28, 0.1529\ 10$ 和 $0.1528\ 74$ )。出籽率与粒长和百粒重呈极显著和显著正相关( $r= 0.1755\ 8$ 和 $0.1535\ 72$ )。

表 1 正常供水条件下穗部性状与产量的相关系数

Tab. 1 The correlation coefficients between yield and ear characters under normal water condition

	穗行数 Number of rows per ear	行粒数 Kernel number per row	百粒重 100grain weight	秃尖长 Bald ear length	粒长 Kernel length	出籽率 Threshing percentage	轴粗 Cob diameter
穗行数 Number of rows per ear							
行粒数 Kemel number per row	- 0.051 34						
百粒重 100grain weight	- 0.241 69	- 0.082 06					
秃尖长 Bald ear length	- 0.754 48**	- 0.326 10	0.291 85				
粒长 Kemel length	0.259 44	0.048 22	0.358 69	- 0.097 03			
出籽率 Threshing percentage	0.273 98	0.188 61	0.535 72*	- 0.158 63	0.755 58**		
轴粗 Cob diameter	0.620 39*	0.248 97	- 0.011 14	- 0.574 55*	- 0.219 95	0.015 69	
产量 Grain yield	0.430 40	0.439 05	0.567 28*	- 0.438 73	0.529 10*	0.745 93**	0.528 74*

注: \* 和\*\* 分别代表 0.05 和 0.01 水平显著, 表 2, 表 3 同。  
Note: \* and \*\* indicated significant at 0.05 and 0.01 level respectively, the same as Tab. 2 and Tab. 3.

2.1.2 轻度干旱胁迫条件下穗部性状与产量的相关分析 从表 2 可以看出, 轻度干旱胁迫条件下各穗部性状与产量的相关程度依次为: 粒长> 出籽率> 秃尖长> 行粒数> 轴粗> 百粒重> 穗行数, 其中秃尖长与产量呈负相关。粒长和出籽率与产量表现出极显著正相关( $r= 0.1880\ 33$ 和 $0.1739\ 89$ ), 秃尖长与

产量表现出显著负相关( $r= - 0.1537\ 54$ )。粒长与秃尖长呈显著负相关( $r= - 0.1591\ 95$ )。出籽率与粒长呈极显著正相关( $r= 0.1702\ 10$ ), 与秃尖长呈显著负相关( $r= - 0.1549\ 96$ )。  
2.1.3 中度干旱胁迫条件下穗部性状与产量的相关分析 从表 3 可以看出, 中度干旱胁迫条件下各

穗部性状与产量的相关程度依次为: 出籽率> 行粒数> 粒长> 穗行数> 秃尖长> 轴粗> 百粒重, 所有指标与产量均呈正相关。出籽率和行粒数与产量表现出极显著正相关( $r=0.0169868$  和  $0.0168474$ ), 粒长与产量表现出显著正相关( $r=0.0163967$ )。出籽率与行粒数呈极显著正相关( $r=0.0165852$ ), 与粒长呈显著正相关( $r=0.0163988$ )。

表2 轻度干旱胁迫条件下穗部性状与产量的相关系数

Tab. 2 The correlation coefficients between yield and ear characters under light water drought stress level

	穗行数 Number of rows per ear	行粒数 Kernel number per row	百粒重 100grain weight	秃尖长 Bald ear length	粒长 Kernel length	出籽率 Threshing percentage	轴粗 Cob diameter
穗行数 Number of rows per ear							
行粒数 Kemel number per row	0.04617						
百粒重 100grain weight	- 0.47143	- 0.57377*					
秃尖长 Bald ear length	0.16751	- 0.04741	- 0.45553				
粒长 Kemel length	- 0.06839	0.48222	0.22926	- 0.59195*			
出籽率 Threshing percentage	0.20289	0.64668**	- 0.07841	- 0.54996*	0.70210**		
轴粗 Cob diameter	0.53864*	- 0.71855**	0.08698	0.04272	- 0.47386	- 0.47561	
产量 Grain yield	0.17712	0.42273	0.23662	- 0.53754*	0.88033**	0.73989**	- 0.26473

表3 中度干旱胁迫条件下穗部性状与产量的相关系数

Tab. 3 The correlation coefficients between yield and ear characters under modest water drought stress level

	穗行数 Number of rows per ear	行粒数 Kernel number per row	百粒重 100grain weight	秃尖长 Bald ear length	粒长 Kernel length	出籽率 Threshing percentage	轴粗 Cob diameter
穗行数 Number of rows per ear							
行粒数 Kemel number per row	- 0.09599						
百粒重 100grain weight	- 0.11537	- 0.50089					
秃尖长 Bald ear length	- 0.22982	- 0.07055	0.61224*				
粒长 Kemel length	0.37198	0.16618	0.18419	0.22503			
出籽率 Threshing percentage	0.19481	0.65852**	- 0.33655	- 0.16958	0.63988*		
轴粗 Ccb diameter	0.68087**	- 0.14310	0.15862	- 0.11478	- 0.09049	- 0.23932	
产量 Grain yield	0.30747	0.68474**	0.03448	0.17765	0.63967*	0.69868**	0.16086

2.2 苗期不同供水条件下穗部性状与产量的通径分析

2.2.1 正常供水条件下穗部性状与产量的通径分析 由表4可见, 正常供水条件下的穗部性状对产量的直接贡献依次为: 百粒重> 行粒数> 轴粗> 穗行数> 粒长> 出籽率> 秃尖长, 其中除秃尖长对产量的直接作用是负值外, 其他指标均为正值。百粒重对产量的直接效应值最大( $p=0.0150394$ ), 出籽率和粒长对产量的间接效应较大, 间接效应值分别为0.0110133和0.0107013。

21212 轻度干旱胁迫条件下穗部性状与产量的通径分析 由表5可见, 轻度干旱胁迫条件下的穗部性状对产量的直接贡献依次为: 轴粗> 行粒数> 粒长> 百粒重> 出籽率> 秃尖长> 穗行数, 其中除穗行数对产量的直接作用是负值外, 其他指标均为正值。轴粗对产量的直接效应值最大( $p=0.0196364$ ), 与百粒重和秃尖长的间接通径系数为正值, 与其他指标的间接通径系数均为负值, 且通过行粒数的间接效应最大( $p=-0.0157676$ )。

表 4 正常供水条件下穗部性状对产量的通径分析

Tab. 4 Path analysis between yield and ear characters under normal water condition

作用因子 Effect factor	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient						
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>
x <sub>1</sub>	0. 201 93		- 0. 017 30	- 0. 121 80	0. 031 51	0. 050 73	0. 051 82	0. 192 12
x <sub>2</sub>	0. 337 06	- 0. 010 37		- 0. 041 35	- 0. 025 07	0. 009 43	0. 035 67	0. 077 10
x <sub>3</sub>	0. 503 94	- 0. 048 80	- 0. 027 66		- 0. 028 20	0. 070 13	0. 101 33	- 0. 003 45
x <sub>4</sub>	- 0. 096 63	- 0. 152 35	- 0. 109 92	0. 147 07		- 0. 018 97	- 0. 030 00	- 0. 177 93
x <sub>5</sub>	0. 195 53	0. 052 39	0. 016 25	0. 180 76	0. 009 38		0. 142 91	- 0. 068 11
x <sub>6</sub>	0. 189 14	0. 055 32	0. 063 57	0. 269 97	0. 015 33	0. 147 74		0. 004 86
x <sub>7</sub>	0. 309 68	0. 125 28	0. 083 92	- 0. 005 61	0. 055 52	- 0. 043 01	0. 002 97	

注: x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, x<sub>3</sub>, x<sub>4</sub>, x<sub>5</sub>, x<sub>6</sub> 和 x<sub>7</sub> 分别表示穗行数、行粒数、百粒重、秃尖长、粒长、出籽率和轴粗, 表 5, 表 6 同。  
Note: x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, x<sub>3</sub>, x<sub>4</sub>, x<sub>5</sub>, x<sub>6</sub> and x<sub>7</sub> indicate row number, kernel number per row, 100grain weight, bald ear length, kernel length, produced grain percentage and com cob width, respectively, the same as Tab. 5 and Tab. 6.

表 5 轻度干旱胁迫条件下穗部性状对产量的通径分析

Tab. 5 Path analysis between yield and ear characters under light water drought stress level

作用因子 Effect factor	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient						
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>
x <sub>1</sub>	- 0. 241 00		0. 037 06	- 0. 288 85	- 0. 023 65	- 0. 047 31	0. 114 59	0. 519 06
x <sub>2</sub>	0. 802 67	- 0. 011 13		- 0. 351 55	- 0. 034 12	0. 333 57	0. 365 24	- 0. 692 42
x <sub>3</sub>	0. 612 70	0. 113 62	- 0. 460 55		- 0. 227 27	0. 158 59	- 0. 044 28	0. 083 82
x <sub>4</sub>	0. 498 91	- 0. 040 37	- 0. 038 06	- 0. 279 10		- 0. 409 48	- 0. 310 61	0. 041 17
x <sub>5</sub>	0. 691 74	0. 016 48	0. 387 06	0. 140 47	- 0. 295 33		0. 396 54	- 0. 456 63
x <sub>6</sub>	0. 564 79	- 0. 048 90	0. 519 07	- 0. 048 04	- 0. 274 38	0. 485 67		- 0. 458 31
x <sub>7</sub>	0. 963 64	- 0. 129 81	- 0. 576 76	0. 053 29	0. 021 31	- 0. 327 79	- 0. 268 62	

2.2.3 中度干旱胁迫条件下穗部性状与产量的通径分析 由表 6 可见, 中度干旱胁迫条件下的穗部性状对产量的直接贡献依次为: 行粒数> 百粒重> 穗行数> 粒长> 秃尖长> 出籽率> 轴粗, 其中秃尖长和轴粗对产量的直接作用是负值, 其他指标均为

正值。行粒数对产量的直接效应值最大 (p = 0.01910 86), 与粒长、出籽率和轴粗的间接通径系数为正值, 与其他指标的间接通径系数均为负值, 且通过百粒重的间接效应最大(p= - 0.01267 51)。

表 6 中度干旱胁迫条件下穗部性状对产量的通径分析

Tab. 6 Path analysis between yield and ear characters under modest water drought stress level

作用因子 Effect factor	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient						
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>
x <sub>1</sub>	0. 347 07		- 0. 087 43	- 0. 061 62	0. 003 71	0. 090 41	0. 008 93	- 0. 001 96
x <sub>2</sub>	0. 910 86	- 0. 033 32		- 0. 267 51	- 0. 019 55	0. 040 39	0. 030 20	0. 000 41
x <sub>3</sub>	0. 534 07	- 0. 040 04	- 0. 456 24		- 0. 032 17	0. 044 77	- 0. 015 43	- 0. 000 46
x <sub>4</sub>	- 0. 052 55	- 0. 079 76	- 0. 064 26	0. 326 98		0. 054 69	- 0. 007 78	0. 000 33
x <sub>5</sub>	0. 243 05	0. 129 10	0. 151 37	0. 098 37	- 0. 011 83		0. 029 35	0. 000 26
x <sub>6</sub>	0. 045 86	0. 067 61	0. 599 82	- 0. 179 74	0. 008 91	0. 155 52		0. 000 69
x <sub>7</sub>	- 0. 002 88	0. 236 31	- 0. 130 34	0. 084 71	0. 006 03	- 0. 021 99	- 0. 010 98	

3 结论与讨论

相关分析结果表明, 正常供水条件下, 对玉米产量影响最大的是出籽率, 其次为百粒重、粒长和轴粗。粒长和百粒重的增加可以促进出籽率的增加; 轻度干旱胁迫条件下, 对玉米产量影响最大的是粒长和出籽率, 其次为秃尖长。秃尖长的降低可以增加粒长和出籽率, 粒长的增加可以显著促进出籽率的增加; 中度干旱胁迫条件下, 对玉米产量影响最大

的是出籽率和行粒数, 其次为粒长。粒长、出籽率和行粒数是相互促进的, 它们协同作用共同实现了产量的增加。

通径分析结果表明, 正常供水条件下, 降低秃尖长或提高其他任一指标, 都对增加产量有积极作用, 且以百粒重作用最大。出籽率和粒长的增加间接促进百粒重的增加。可见正常供水条件下育种的首选目标应该是百粒重, 这与杨金慧等<sup>[6]</sup> 和王久光等<sup>[7]</sup> 的研究结果基本一致; 轻度干旱胁迫条件下, 降低穗

行数或提高其他任一指标,都对增加产量有积极作用,且以轴粗作用最大。但大部分穗部性状的增加会导致轴粗的降低,只有百粒重的增加可以促进轴粗的增加。可见苗期轻度干旱胁迫使光合速率降低,造成干物质积累减少,因此增加所有库器官的干物质是不可取的,只有把有限的干物质转移到关键的库器官才能实现增产;中度干旱胁迫条件下,降低秃尖长和轴粗或提高其他任一指标,都对增加产量有积极作用,且以行粒数作用最大。百粒重、穗行数和秃尖长的降低可以促进行粒数的增加,粒长、出籽率和轴粗的增加可以促进行粒数的增加,与轻度干旱胁迫相似,由于干物质有限,不能供应过多的库器官,因此,中度干旱胁迫条件下育种的首选目标应该是行粒数。这与孙彩霞等<sup>[8]</sup>利用抗旱指数研究玉米抗旱指标的结果一致。

对比相关分析和通径分析的结果可以看出,正常供水条件下,相关分析和通径分析结果一致,百粒重对产量的影响较大,应作为高产育种的首选目标;轻度干旱胁迫条件下,通径分析和相关分析的结果并不一致,相关分析认为粒长和出籽率与产量关系最密切,这与杨国虎等<sup>[9]</sup>认为出籽率可以预测玉米杂交种的耐旱性的结论一致。通径分析认为轴粗对产量的贡献最大,可见轻度干旱胁迫条件下协调多个穗部性状之间的关系,在不降低粒长和出籽率前提下,选择合适的轴粗,才能实现增产,这与岳竞之等<sup>[10]</sup>的研究结果基本一致;中度干旱胁迫条件下,

相关分析和通径分析结果一致,行粒数对产量的影响较大,应作为高产抗旱育种的首选目标。

参考文献:

[1] 寇思荣,何海军.玉米穗部性状与产量的通径分析[J].甘肃农业科学,2003(10):16-17.

[2] 张颖珍.粮饲兼用型玉米杂交种穗部性状的相关与通径分析[J].甘肃农业科技,2005(4):9-11.

[3] 王新勤,郭文忠,陆强.玉米穗部性状整齐度与产量的相关性研究[J].华北农学报,2002,17(增刊):167-169.

[4] 广成,薛雁,苟升学.玉米8个产量构成因素的通径分析[J].玉米科学,2002,10(3):33-35.

[5] 张琪,丛鹏,彭励.通径分析在Excel和SPSS中的实现[J].农业网络信息,2007(3):109-110,91.

[6] 杨金慧,毛建昌,李发民,等.玉米杂交种农艺性状与籽粒产量的相关和通径分析[J].中国农学通报,2003,19(4):28-30.

[7] 王久光,蔡一林,孙海燕,等.阴雨寡照条件下玉米穗部性状与产量的相关分析[J].西南农业大学学报(自然科学版),2006,28(6):910-912.

[8] 孙彩霞,沈秀瑛,郝建军.玉米果穗性状和生理生化指标与抗旱性相关分析[J].沈阳农业大学学报,1998,29(4):291-296.

[9] 杨国虎,冯前,罗湘宁,等.玉米杂交种耐旱性状的因子分析[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):138-143.

[10] 岳竞之,张莉,张春荣,等.夏玉米主要穗部性状结构分析和高产育种探索[J].玉米科学,2005,13(3):47-49,52.