

番茄主要农艺性状与产量相关及通径分析

郑建超

(吉林省蔬菜花卉科学研究所, 长春 130031)

提 要 通过对番茄主要农艺性状相关及通径分析, 估测了番茄 9 个主要农艺性状对总产量形成影响的相对重要性。其中单株结果数、单果重与总产量的关系最为密切, 其相关系数和通径系数分别为 $r_{2y} = 0.7029$ 、 $r_{3y} = 0.4697$ 、 $P_{x_2y} = 0.9138$ 和 $P_{x_3y} = 0.7399$, 均达到 1% 显著水平; 早期产量通过单株结果数对总产量的间接作用也很大, 间接通径系数为 0.4319。因此, 在番茄丰产性育种中, 主要根据单株结果数的多少进行选择, 同时也要适当考虑单果重。

关键词 番茄; 农艺性状; 产量; 通径分析

培育早熟、抗病、丰产、质优品种是番茄育种的主要目标。其中产量性状是受许多性状的制约和影响, 并且各性状之间存在着不同程度的相关关系。因此, 在育种中既要注重某一优良性状, 同时又要考虑其它性状。本文对番茄的 9 个主要农艺性状进行相关和通径分析, 从而了解影响番茄产量的各性状的相对重要性, 为番茄的育种和栽培提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料和田间设计

供试材料为保护地番茄品比试验材料 34 份, 采用随机区组设计, 3 次重复, 2 行区, 小区面积为 5 m^2 。每小区取 20 株调查总产量、早期产量、单株结果数和单果重。每小区取 10 株或 10 个果调查成熟期、病毒病病指、斑枯病病指、果肉厚、果形指数和座果率。以小区均数进行统计分析。

1.2 计算相关系数

$$\text{公式: } r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

求得早期产量(x_1)、单株结果数(x_2)、单果重(x_3)、成熟期(x_4)、病毒病病指(x_5)、斑枯病病指(x_6)、果肉厚(x_7)、果形指数(x_8)、座果率(x_9)和总产量(y)间的表现型相关系数。

1.3 计算通径系数

通径系数的公式: 根据通径分析的原理, 把各性状间的相关系数代入下列联立方程组。

$$\begin{cases} r_{11} p_{1y} + r_{12} p_{2y} + r_{13} p_{3y} + \dots + r_{1n} p_{ny} = r_{1y} \\ r_{21} p_{1y} + r_{22} p_{2y} + r_{23} p_{3y} + \dots + r_{2n} p_{ny} = r_{2y} \\ \dots \dots \dots \\ r_{n1} p_{1y} + r_{n2} p_{2y} + r_{n3} p_{3y} + \dots + r_{nn} p_{ny} = r_{ny} \end{cases}$$

求得通径系数 P_{iy} , 即各性状 x_i 对依变量 y 的直接影响。

x_i 性状通过 x_j 性状对 y 性状的间接影响, 计算公式为: $P_{i-j-y} = r_{ij} \cdot P_{j-y}$

$$\text{相关指数 } R^2 = \sum P_{iy} \cdot r_{iy}$$

$$\text{剩余效应 } P_e = \sqrt{1 - R^2}$$

2 结果与分析

2.1 性状间的相关系数(表 1)

表 1 9 个性状与总产量及相互间的相关系数

| 性 状 | 单株结果数 (x_2) | 单果重 (x_3) | 成熟期 (x_4) | 病毒病病指 (x_5) | 斑枯病病指 (x_6) | 果肉厚 (x_7) | 果形指数 (x_8) | 座果率 (x_9) | 总产量 (y) |
|----------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|
| 早期产量(x_1) | 0.4726** | 0.0097 | -0.5373** | 0.5113** | 0.4158* | -0.3112 | -0.3346 | -0.0094 | 0.4212* |
| 单株结果数(x_2) | | -0.2848 | -0.3859* | -0.0170 | -0.0329 | 0.0023 | -0.1676 | 0.2050 | 0.7029** |
| 单果重(x_3) | | | 0.4944** | -0.0637 | -0.0309 | 0.4176* | -0.0580 | -0.5181** | 0.4697** |
| 成熟期(x_4) | | | | -0.2717 | -0.3398 | 0.4968** | -0.1200 | -0.4418** | 0.0318 |
| 病毒病病指(x_5) | | | | | 0.7469** | -0.4317* | -0.1154 | 0.0945 | -0.0974 |
| 斑枯病病指(x_6) | | | | | | 0.4268* | -0.1697 | -0.0087 | -0.1160 |
| 果肉厚(x_7) | | | | | | | 0.1653 | -0.3399 | 0.3033 |
| 果形指数(x_8) | | | | | | | | 0.3113 | -0.2244 |
| 座果率(x_9) | | | | | | | | | -0.1769 |

$$r_{0.05} = 0.349 \quad r_{0.01} = 0.449$$

由表 1 可见, 早期产量与总产量、斑枯病病指, 成熟期与单株结果数、座果率, 果肉厚与单果重、病毒病病指、斑枯病病指之间的相关系数显著; 总产量与单株结果数、单果重, 早期产量与单株结果数、成熟期、病毒病病指, 单果重与成熟期、座果率, 成熟期与果肉厚, 病毒病病指与斑枯病病指之间相关系数极显著; 其余各性状间相关系数均不显著。

2.2 通径系数

9 个性状对总产量的通径系数分别为:

$$P_{X_1y} = 0.0153 \quad P_{X_2y} = 0.9138 \quad P_{X_3y} = 0.7399$$

$$P_{X_4y} = 0.0540 \quad P_{X_5y} = -0.0705 \quad P_{X_6y} = 0.0187$$

$$P_{X_7y} = -0.0500 \quad P_{X_8y} = -0.0262 \quad P_{X_9y} = 0.0411$$

$$\text{相关指数 } R^2 = \sum P_{iy} \cdot r_{iy} = 0.986$$

$$\text{剩余效应 } P_e = \sqrt{1 - R^2} = 0.1183$$

9 个性状对产量的直接和间接作用见表 2。

表 2 9 个性状对总产量的直接和间接作用

| 性 状 | 直接作用 | 总和 | 间 接 作 用 | | | | | | | | |
|----------------|---------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | $x_1 \rightarrow$ | $x_2 \rightarrow$ | $x_3 \rightarrow$ | $x_4 \rightarrow$ | $x_5 \rightarrow$ | $x_6 \rightarrow$ | $x_7 \rightarrow$ | $x_8 \rightarrow$ | $x_9 \rightarrow$ |
| 早期产量(x_1) | 0.0153 | 0.4059 | | 0.4319 | 0.0072 | -0.0290 | -0.0360 | 0.0078 | 0.0156 | 0.0088 | -0.0004 |
| 单株结果数(x_2) | 0.9138 | -0.2110 | 0.0072 | | -0.2107 | -0.0208 | 0.0012 | -0.0006 | -0.0001 | 0.0044 | 0.0084 |
| 单果重(x_3) | 0.7399 | -0.2702 | 0.0001 | -0.2602 | | 0.0267 | 0.0045 | -0.0006 | -0.0209 | 0.0015 | -0.0213 |
| 成熟期(x_4) | 0.0540 | -0.0221 | 0.0082 | -0.3526 | 0.3658 | | 0.0192 | -0.0064 | -0.0248 | 0.0031 | -0.0182 |
| 病毒病病指(x_5) | -0.0705 | -0.0270 | 0.0078 | -0.0155 | -0.0471 | -0.0147 | | 0.0140 | 0.0216 | 0.0030 | 0.0039 |
| 斑枯病病指(x_6) | 0.0187 | -0.1349 | 0.0064 | -0.0301 | -0.0229 | -0.0183 | -0.0527 | | -0.0213 | 0.0044 | -0.0004 |
| 果肉厚(x_7) | -0.0500 | 0.3532 | -0.0048 | 0.0021 | 0.3090 | 0.0268 | 0.0304 | 0.0080 | | -0.0043 | -0.0140 |
| 果形指数(x_8) | -0.0262 | -0.1983 | -0.0051 | -0.1532 | -0.0429 | -0.0065 | 0.0081 | -0.0032 | -0.0083 | | 0.0128 |
| 座果率(x_9) | 0.0411 | -0.2181 | -0.0001 | 0.1873 | -0.3833 | -0.0239 | -0.0067 | -0.0002 | 0.0170 | -0.0082 | |

决定系数:单个性状对 y 的决定系数为 $d_i = P_{iy}^2$, 两个性状对 y 的共同决定系数为 $d_{ij} = 2r_{ij} \cdot P_{ij}$ 。全部决定系数如下:

| | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $d_1 = 0.000\ 23$ | $d_2 = 0.835\ 03$ | $d_3 = 0.547\ 45$ |
| $d_4 = 0.002\ 92$ | $d_5 = 0.004\ 97$ | $d_6 = 0.000\ 35$ |
| $d_7 = 0.002\ 5$ | $d_8 = 0.000\ 68$ | $d_9 = 0.001\ 69$ |
| $d_{12} = 0.013\ 21$ | $d_{13} = 0.000\ 22$ | $d_{14} = -0.000\ 89$ |
| $d_{15} = -0.001\ 1$ | $d_{16} = 0.000\ 24$ | $d_{17} = 0.000\ 48$ |
| $d_{18} = 0.000\ 27$ | $d_{19} = -0.000\ 01$ | $d_{23} = -0.385\ 12$ |
| $d_{24} = -0.038\ 08$ | $d_{25} = 0.002\ 19$ | $d_{26} = -0.001\ 12$ |
| $d_{27} = -0.000\ 21$ | $d_{28} = 0.008\ 03$ | $d_{29} = 0.015\ 4$ |
| $d_{34} = 0.039\ 51$ | $d_{35} = 0.006\ 65$ | $d_{36} = -0.000\ 86$ |
| $d_{37} = -0.030\ 9$ | $d_{38} = 0.002\ 25$ | $d_{39} = -0.031\ 51$ |
| $d_{45} = 0.002\ 07$ | $d_{46} = -0.000\ 69$ | $d_{47} = -0.002\ 68$ |
| $d_{48} = 0.000\ 34$ | $d_{49} = -0.001\ 96$ | $d_{56} = -0.001\ 97$ |
| $d_{57} = -0.003\ 04$ | $d_{58} = -0.000\ 43$ | $d_{59} = -0.000\ 55$ |
| $d_{67} = -0.000\ 8$ | $d_{68} = 0.000\ 17$ | $d_{69} = -0.000\ 01$ |
| $d_{78} = 0.000\ 43$ | $d_{79} = 0.001\ 4$ | $d_{89} = -0.000\ 67$ |

$$\sum d = 0.985\ 6$$

$$\text{剩余决定系数} = 1 - 0.9856 = 0.0144$$

2.3 结果分析

决定总产量的主要性状是单株结果数。单株结果数对总产量的影响,无论是相关系数,还是通径系数以及决定系数都最大。相关系数 $r_{2y} = 0.702\ 9$, 达极显著;通径系数 $P_{X_2y} = 0.913\ 8$, 也达极显著水平;决定系数 $d_2 = 0.835\ 03$, 而且 r_{2y} 与 P_{X_2y} 的值很接近。两者之所以有差异,是由于结果数通过其它性状的间接作用的总和为 $-0.211\ 0$, 使单株结果数对总产量的正影响有所削弱。同时,从表 2 可以看出,结果数通过其它 8 个性状对总产量的间接作用都很小。结果数与总产量的相关系数表明了两者之间的真实关系,通过该性状进行直接选择将是有效的。因此,单株结果数是番茄丰产性育种中的重要选择性状,单株结果数对总产量影响的相对重要程度为 $d_2 = 0.835\ 03$ 。

单果重与总产量的相关系数 $r_{3y} = 0.469\ 7$, 达极显著水平;通径系数 $P_{X_3y} = 0.739\ 9$, 达极显著水平。但单株结果数与单果重为负相关($r_{23} = -0.284\ 8$), 单果重通过单株结果数对总产量的间接影响也为负值($-0.260\ 2$), 使单果重对总产量的直接影响有所减弱,使 P_{X_3y} 与 r_{3y} 产生差值,但相关系数仍达到了极显著水平,也反映了单果重与总产量之间的真实关系,即单果重也是决定产量的主要性状,可以作为番茄丰产性育种中的重要选择性状,影响的相对重要程度为 $d_3 = 0.547\ 45$ 。然而,由于结果数与单果重共同对总产量的相对决定程度为 $d_{23} = -0.385\ 12$ 。所以,在选择丰产植株时,不但要考虑单株结果数的多少,也要考虑单果重不宜太大,否则会影响产量。

早期产量与总产量的相关系数 $r_{1y} = 0.421\ 2$, 达到了显著水平,而通径系数 $P_{X_1y} = 0.015\ 3$, 为很小的正值。因此,根据相关系数来判断,早期产量与总产量之间关系密切,但通过通径分析,早期产量对总产量的直接影响并不大,主要是通过单株结果数的间接作用(间

接通径系数为 0.431 9) 而影响总产量。由此可见,在一个多变数的系统中,只有各自变数都独立时,相关系数的绝对值大小才能真实反映 x_i 对于 y 的重要程度,否则是不足为据的,只有进行通径分析后才能比较客观地评价各性状对产量的相对重要性。但在相关系数为正值时,直接作用很小或为负值时,则间接作用可以认为是由相关引起的。又由于早期产量与单株结果数的相关系数为 $r_{12} = 0.472 6$,达到了极显著水平,因而对早期产量的选择也应注意单株结果数的多少,只有这样,才有可能选出早期产量较高而总产量也高的系统材料来。

其它性状对总产量的影响较小。从表 2 可以看出,成熟期、病毒病病指、斑枯病病指、果肉厚、果形指数和座果率 6 个性状,无论是影响产量的直接通径系数,还是间接通径系数都为很小的正值或负值,对总产量的影响都较小。

在本文分析中,相关指数 $R^2 = 0.986$,表明 9 个农艺性状对产量形成影响的分析,已考虑了产量变异的 98.6%,剩余通径系数只有 $P_e = 0.118 3$,对产量影响的相对决定系数仅为 0.014 4,这就说明了对产量形成影响较大的因素本文已基本包括。

3 结 论

单株结果数和单果重是决定总产量的主要性状,由于单株结果数和单果重为负相关,所以在番茄丰产性育种中,在选择单株结果数多这一性状的同时,单果重不宜太高,否则会影响产量性状的提高。

早期产量是通过单株结果数而间接影响总产量。所以,早期产量和单株结果数可同时作为番茄丰产性育种中的选择性状。

相关分析只是简单地估测了两个变量间的关系,而通径分析不仅能说明原因,而且能够较准确地估测出各性状对产量的相对重要性。由于通径系数是自变量与依变量间有方向的相关系数,它表明的原因是在剔除其它因素的影响后而表现出的作用。因此,在进行相关性分析的同时,很有必要进行通径分析。

本文是从表现型相关来分析产量及其构成性状之间的关系。单株结果数、单果重与总产量之间关系虽然密切,还应分析它们的遗传力及遗传相关。

参 考 文 献

- 1 刘来福·作物数量遗传·北京:农业出版社,1984 185~206
- 2 莫惠栋·农业试验统计·上海:上海科学技术出版社,1984 537~545
- 3 任长忠,等·春小麦数量性状的相关和通径分析·吉林农业科学,1994(2):18~21
- 4 王玉怀·黄瓜主要农艺性状与产量的通径分析·东北农学院学报,1985(1):54~58