

# 大棚春番茄器官发育与环境要素的关系分析

赖琳玲, 程智慧, 滕林, 陈学进

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:**以无限生长型番茄品种金鹏1号为试材,采用回归分析、相关分析和通径分析法研究了春茬番茄器官发育(包括株高H、绿叶数L、坐果率F、果实体积V)与环境要素的动态关系。结果表明:对株高变化影响最大的环境因子是 $X_1$ (上午光合有效辐射积),而 $X_5$ (周均上半夜有效地温积)和 $X_2$ (周均下午光合有效辐射积)主要是通过 $X_1$ 而间接影响株高的变化;对绿叶数变化影响最大的环境因子是 $X_5$ ,而 $X_{14}$ (周均下半夜有效气温积)主要是通过 $X_5$ 而间接影响绿叶数的变化;对坐果率变化影响最大的环境因子是 $X_4$ (周均下午有效地温积),而 $X_{11}$ (周均上午有效气温积), $X_{13}$ (周均上半夜有效气温积)、 $X_{14}$ 、 $X_6$ (周均下半夜有效地温积)和 $X_{12}$ (周均下午有效气温积)主要是通过 $X_4$ 而间接影响坐果率的变化;对果实体积变化影响最大的环境因子是 $X_3$ (周均上午有效地温积),而 $X_{12}$ 、 $X_{13}$ 、 $X_{11}$ 和 $X_6$ 主要是通过 $X_3$ 而间接影响果实体积的变化。

**关键词:**番茄; 器官发育; 环境要素; 回归分析; 通径分析

**中图分类号:**S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)20-0026-05

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)是一种重要的世界性蔬菜作物<sup>[1]</sup>,也是我国最主要的蔬菜种类之一,栽培面积和市场销量均居蔬菜之首<sup>[2]</sup>。番茄的生长发育除了受品种和自身遗传特性影响外,还与外界环境条件密切相关。但是番茄的生长发育并非受单一环境因子的影响,而是各种环境因子综合作用的结果,且不同时段的环境因子对番茄生长发育的效应也不相同。廉华等<sup>[3]</sup>研究了番茄产量形成与大棚内气象要素之间的动态关系,并得出土壤温度和下午积温是产量形成的最关键因素。但是目前关于番茄器官发育与环境要素之间动态关系的研究还未见报道。研究番茄生长规律与生态环境因子之间关系,建立番茄生长发育动态模拟模型,对番茄生产、育种及管理工作均有重要意义。现采用逐步回归法分析并选择与番茄器官发育显著相关的环境要素建立方程,为番茄生长发育模型的建立提供理论依据,也为番茄标准化栽培和量化管理提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试番茄品种金鹏1号,为无限生长型 购于杨凌

农城种子店。

### 1.2 试验方法

试验于2008年在陕西杨凌区东渭渠村选择2个农家大棚(表1)进行。于2008年1月25日播种,3月26日定植于塑料大棚,常规土壤栽培和水肥管理,留5穗果摘心,第5穗果采收后拉秧。试验期间在棚内中间部位番茄冠层安装JL-18空气温湿度三位一体记录仪和土壤温度记录仪(均为河北邯郸清胜电子科技有限公司生产),记录大棚内番茄冠层的光照强度、温度、相对湿度和10 cm地温,1 h采集1次数据,定期导出保存数据。

每个棚随机选取10株样本,每周调查1次株高、叶片数、花数、坐果数、果实体积等生长指标。叶片数以长度大于或等于5 cm始记,花数记录已成花蕾的数目,坐果数以果径大于等于5 mm始记,坐果率由坐果数和花穗数计算而得。果实横纵径测量取第3穗果靠近茎干的一个果,从坐果开始至果实成熟。

表1 塑料大棚结构尺寸及金鹏番茄栽培株行距

Table 1 Structure measurement of plastic shed for examination and planting distance of tomato cv. Jinpeng

大棚编号 Shed No.	长度 Shed length / m	跨度 Shed span / m	高度 Shed height / m	行距 Row space / cm	株距 Plant distance / cm
1	25	7.5	2.1	50	30
2	30	5.5	1.7	45	30

### 1.3 数据处理

试验中直接观测的环境因子为大棚内番茄冠层的光照强度、温度、相对湿度和10 cm地温。为了尽可能精细的探讨番茄的生长与大棚内环境因子的关系,将一天

第一作者简介:赖琳玲(1984),女,硕士,四川内江人,现主要从事蔬菜栽培生理生态研究工作。

通讯作者:程智慧(1958),男,教授,博士生导师,现主要从事蔬菜栽培生理生态和生物技术研究工作。E-mail:chengzh@nwsuaf.edu.cn。

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2007BAD79B01)。

收稿日期:2010-07-29

内环境因子按时间分成 2 段或 4 段。因此该试验采用的环境要素总共有 14 个,即大棚内番茄冠层的周均上午光合有效辐射积( $X_1$ ),周均下午光合有效辐射积( $X_2$ ),周均上午有效地温积( $X_3$ ),周均下午有效地温积( $X_4$ ),周均上半夜有效地温积( $X_5$ ),周均下半夜有效地温积( $X_6$ ),周均上午相对湿度( $X_7$ ),周均下午相对湿度( $X_8$ ),周均上半夜相对湿度( $X_9$ ),周均下半夜相对湿度( $X_{10}$ ),周均上午有效气温积( $X_{11}$ ),周均下午有效气温积( $X_{12}$ ),周均上半夜有效气温积( $X_{13}$ ),周均下半夜有效气温积( $X_{14}$ )。一日内 2 个时段的时间分割点分别为 12、24 时;4 个时段的时间分割点分别为 6、12、18、24 时。大棚内番茄冠层周均上午光合有效辐射积( $X_1$ )用下列公式计算:

$$\Delta L = L_n - L_0 \quad (1),$$

$$L_m = (\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \dots + \Delta L_7) / 7 \quad (2),$$

$$L = \sum_{i=1}^n (L_{m1} + L_{m2} + L_{m3} + \dots + L_{mn}) \quad (3),$$

$\Delta L$ —日均上午有效光强;  $L_n$ —日均上午光强;  
 $L_0$ —光补偿点,番茄取  $2 \text{klx}^{[4]}$ ;  $L_m$ —一周均上午有效光强;  
 $L$ —一定植后  $n$  周后的周均上午有效光积。

将定植后  $n$  周后的周均上午有效光积  $L$  的单位  $\text{klx}$  转化为光量子通量密度即为定植后  $n$  周后的周均上午光合有效辐射积,在太阳光源下,  $1 \text{klx} = 18 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。那么周均上午光合有效辐射积  $X_1$  可表示为:

$$X_1 = L / 18 \quad (4),$$

$X_2$  的计算方法同  $X_1$ 。

周均上午有效地温积( $X_3$ )用下列公式计算:

$$\Delta T_n = T_n - T_0 \quad (5),$$

$$T_m = (\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3 + \dots + \Delta T_7) / 7 \quad (6),$$

$$X_3 = \sum_{i=1}^n (T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + \dots + T_{mn}) \quad (7),$$

$T_n$ —日均上午地温;  $\Delta T_n$ —日均上午有效地温;  
 $T_0$ —基点值,取  $10^\circ\text{C}^{[4]}$ ;  $T_m$ —一周均上午有效地温;  $X_3$ —一定植后  $n$  周后的周均上午有效地温积;  $n$ —一定植后周数。

$X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_{13}$ 、 $X_{14}$  的计算方法同  $X_3$ 、 $X_{11}$ 、 $X_{12}$  的计算方法也同  $X_3$ ,但(6)式中  $T_0$  取  $15^\circ\text{C}^{[4]}$ 。

周均上午相对湿度( $X_7$ )用下列公式计算:

$$X_7 = (M_{n1} + M_{n2} + M_{n3} + \dots + M_{n7}) / 7 \quad (8),$$

$M_n$ —日均上午相对湿度;  $X_7$ —一周均上午相对湿度。

#### 1.4 数据分析

绘制图表及数据处理采用 Microsoft Excel 软件,数据分析采用 DPSV 7.05 版统计分析软件。先进行逐步回归<sup>[5,6]</sup>和线性相关<sup>[7]</sup>分析,以明确与各器官发育密切相关的环境因子并建立方程;再进行通径分析,以明确影响各器官发育的直接和间接环境要素。

## 2 结果与分析

### 2.1 株高与环境要素的关系分析

株高( $H$ )与选出来的 3 个环境因子(周均上午光合有效辐射积  $X_1$ ,周均下午光合有效辐射积  $X_2$ ,周均上半夜有效地温积  $X_5$ )的回归分析结果见表 2,通径分析见表 3,其线性回归方程为:

$$H = 30.050 + 7.911X_1 - 11.822X_2 + 2.150X_5$$

其中,  $R^2 = 0.9927$ ,说明番茄株高增长的变异平方和有 99.27%是由以上 3 个环境因子造成的。而  $F = 179.42^{**}$  ( $P < 0.001$ )达极显著,这说明  $H$  关于  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_5$  的回归真实可靠。偏相关分析可准确地评价出任意两个因子之间的线性相关程度<sup>[8]</sup>。从表 2 可看出,  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_5$  均与  $H$  极显著性偏相关,是影响株高变化的主要环境因子。

表 2 番茄株高与环境因素的线性回归结果

Table 2 Results of linear regressive between tomato height and environmental factors

变量 Variables	回归系数 Regression coefficient	偏相关系数 Partial coefficient	$t$ 值 $t$ value	显著水平 Level of significance
$X_1$	7.9110	0.9243	6.8480	0.0001
$X_2$	-11.8220	-0.9417	7.9200	0.0010
$X_5$	2.1500	0.7686	3.3980	0.0079

表 3 各环境要素与番茄株高的通径系数

Table 3 Path coefficients between tomato height and environmental factors

变量 Variables	相关系数 Correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient		
			$\rightarrow X_1$	$\rightarrow X_2$	$\rightarrow X_5$
$X_1$	0.9290	5.0860		-7.0110	2.8540
$X_2$	0.9070	-7.0250	5.0760		2.8560
$X_5$	0.9210	2.8610	5.0750	-7.0140	

通径系数能准确地反映各自变量如何直接和间接地影响因变量<sup>[8]</sup>。从表 3 可看出,对番茄株高变化影响最大的环境因子是  $X_1$ ,其次是  $X_5$  和  $X_2$ ,但是后者的直接通径系数均小于通过  $X_1$  的间接通径系数,表明它们对株高的直接影响小于通过  $X_1$  的间接影响。由此可知,  $X_1$  在株高变化中起主要作用。

### 2.2 绿叶数与环境要素的关系分析

绿叶数( $L$ )与选出来的 2 个环境因子(周均上半夜有效地温积  $X_5$ ,周均下半夜有效地温积  $X_{14}$ )的回归分析结果见表 4,通径分析见表 5,其线性回归方程为:

$$L = 4.785 + 0.2259X_5 - 0.0438X_{14}$$

其中,  $R^2 = 0.9924$ ,说明番茄绿叶数增长的变异平方和有 99.24%是由以上 2 个环境因子造成的。而  $F = 228.64^{**}$  ( $P < 0.001$ )达极显著,这说明  $H$  关于  $X_5$ 、 $X_{10}$  的回归真实可靠。  $X_5$  与绿叶数显著性偏相关,  $X_{14}$  与绿叶数极显著性偏相关(表 4),说明它们是影响绿叶数变化的主要环境因子。

表4 番茄绿叶数与环境因素的线性回归结果

Table 4 Results of linear regressive between the number of tomato green leaves and environmental factors

变量 Variables	回归系数 Regression coefficient	偏相关系数 Partial coefficient	t值 t value	显著水平 Level of significance
X <sub>5</sub>	0.2260	-0.7260	1.0507	0.4010
X <sub>14</sub>	-0.0430	0.9870	6.1510	0.0250

从表5可看出,对番茄绿叶数变化影响最大的环境因子是X<sub>5</sub>,其次是X<sub>14</sub>,但是后者的直接通径系数小于通过X<sub>5</sub>的间接通径系数,表明它对绿叶数的直接影响小于通过X<sub>5</sub>的间接影响。由此可知,X<sub>5</sub>在绿叶数变化中起主要作用。

表5 各环境要素与番茄绿叶数的通径系数

Table 5 Path coefficients between the number of tomato green leaves and environmental factors

变量 Variables	相关系数 Correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient	
			→X <sub>5</sub>	→X <sub>14</sub>
→X <sub>5</sub>	0.9607	2.4465		-1.4858
→X <sub>14</sub>	0.9063	-1.5065	2.4128	

2.3 坐果率与环境要素的关系分析

坐果率(F)与选出来的6个环境因子(周均下午有效地温积X<sub>4</sub>,周均下半夜有效地温积X<sub>6</sub>,周均上午有效气温积X<sub>11</sub>,周均下午有效气温积X<sub>12</sub>,周均上半夜有效气温积X<sub>13</sub>,周均下半夜有效气温积X<sub>14</sub>)的回归分析结果见表6,通径分析见表7,其线性回归方程为:

表7 各环境要素与坐果率的通径系数

Table 7 Path coefficients between the rate of tomato fruit set and environmental factors

变量 Variable	相关系数 Correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient				
			→X <sub>4</sub>	→X <sub>6</sub>	→X <sub>11</sub>	→X <sub>12</sub>	→X <sub>13</sub>
X <sub>4</sub>	0.2770	61.1161		-40.3163	26.9837	-54.8779	21.2098
X <sub>6</sub>	-0.2000	-40.3498	61.0652		27.0926	-54.8571	21.217
X <sub>11</sub>	0.0310	27.1888	60.6552	-40.2071		-54.5643	21.1281
X <sub>12</sub>	-0.0360	-54.895	61.097	-40.3219	27.025		21.2051
X <sub>13</sub>	0.0156	21.2294	61.0596	-40.3262	27.0591	-54.8324	
X <sub>14</sub>	-0.0162	-14.2345	60.8039	-40.2599	27.1442	-54.6292	21.1811

2.4 果实体积与环境要素的关系分析

果实体积(V)与选出来的5个环境因子(周均上午有效地温积X<sub>3</sub>,周均下半夜有效地温积X<sub>6</sub>,周均上午有效气温积X<sub>11</sub>,周均下午有效气温积X<sub>12</sub>,周均上半夜有效气温积X<sub>13</sub>)的回归分析结果见表8,通径分析见表9,其线性回归方程为:  $V = -727.120 + 119.737X_3 - 136.594X_6 - 5.657X_{11} + 4.572X_{12} + 2.785X_{13}$ ,

其中,  $R^2 = 0.9995$ ,说明番茄果实体积的变异平方和有99.95%是由以上5个环境因子造成的。而  $F = 644.65^{**}$  ( $P < 0.001$ )达极显著,这说明果实体积关于X<sub>3</sub>、X<sub>6</sub>、X<sub>11</sub>、X<sub>12</sub>、X<sub>13</sub>的回归真实可靠。均与F极显著性偏相关(表8),说明它们是影响果实体积变化的主要环境因子。

从表9可看出,对番茄果实体积变化影响最大的环

$$F = 5.139 + 0.277X_4 - 0.200X_6 + 0.0305X_{11} - 0.036X_{12} + 0.0156X_{13} - 0.0162X_{14}.$$

表6 番茄坐果率与环境因素线性回归结果

Table 6 Results of linear regressive between the rate of tomato fruit set and environmental factors

变量 Variables	回归系数 Regression coefficient	偏相关系数 Partial coefficient	t值 t value	显著水平 Level of significance
X <sub>4</sub>	0.2770	0.8894	3.8905	0.0115
X <sub>6</sub>	-0.2003	-0.8724	3.5701	0.016
X <sub>11</sub>	0.0305	0.9284	4.9974	0.0041
X <sub>12</sub>	-0.0359	-0.9586	6.7327	0.0011
X <sub>13</sub>	0.0156	0.9298	5.0519	0.0039
X <sub>14</sub>	-0.0162	-0.9178	4.6247	0.0057

其中,  $R^2 = 0.9758$ ,说明番茄坐果率的变异平方和有97.58%是由以上6个环境因子造成的。而  $F = 34.30^{**}$  ( $P < 0.001$ )达极显著,这说明坐果率关于X<sub>4</sub>、X<sub>6</sub>、X<sub>11</sub>、X<sub>12</sub>、X<sub>13</sub>、X<sub>14</sub>的回归真实可靠。X<sub>4</sub>、X<sub>6</sub>与坐果率显著性偏相关,X<sub>11</sub>、X<sub>12</sub>、X<sub>13</sub>、X<sub>14</sub>与F极显著性偏相关(表6),说明它们是影响坐果率变化的主要环境因子。

从表7可看出,对番茄坐果率变化影响最大的环境因子是X<sub>4</sub>,其次是X<sub>11</sub>、X<sub>13</sub>、X<sub>14</sub>、X<sub>6</sub>和X<sub>12</sub>,但是后者的直接通径系数均小于通过X<sub>4</sub>的间接通径系数,表明它们对坐果率的直接影响小于通过X<sub>4</sub>的间接影响。由此可知,X<sub>4</sub>在坐果率变化中起主要作用。

境因子是X<sub>3</sub>,其次是X<sub>12</sub>、X<sub>13</sub>、X<sub>11</sub>和X<sub>6</sub>,但是后者的直接通径系数均小于通过X<sub>3</sub>的间接通径系数,表明它们对果实体积的直接影响小于通过X<sub>3</sub>的间接影响。由此可知,X<sub>3</sub>在果实体积变化中起主要作用。

表8 番茄果实体积与环境因素的线性回归

Table 8 The results of linear regressive between tomato fruit volume and environmental factors

变量 Variables	回归系数 Regression coefficient	偏相关系数 Partial coefficient	t值 t value	显著水平 Level of significance
X <sub>3</sub>	119.737	0.9698	6.8815	0.0023
X <sub>6</sub>	-136.594	-0.9763	7.8054	0.0015
X <sub>11</sub>	-5.657	-0.9851	9.9195	0.0006
X <sub>12</sub>	4.572	0.979	8.3198	0.0011
X <sub>13</sub>	2.785	0.9789	8.2909	0.0012

表9 各环境要素与番茄果实体积的通径系数

Table 9 Path coefficients between tomato fruit volume and environmental factors

变量 Variable	相关系数 Correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient				
			→ $X_3$	→ $X_6$	→ $X_{11}$	→ $X_{12}$	→ $X_{13}$
$X_3$	0.9712	31.378		-39.4659	-6.7078	10.2336	5.5333
$X_6$	0.972	-39.4711	31.3739		-6.7037	10.2409	5.5319
$X_{11}$	0.9654	-6.7152	31.3434	-39.4033		10.2115	5.529
$X_{12}$	0.9737	10.2497	31.3288	-39.4374	-6.6902		5.5229
$X_{13}$	0.9743	5.5354	31.3661	-39.4463	-6.7074	10.2265	

3 讨论

3.1 品种选择

该研究中,供试番茄品种为陕西关中地区主栽品种,也是全国范围覆盖面较大的番茄品种;试验棚选用农户的常规大棚,不仅因塑料大棚蔬菜生产对春提早、秋延后、反季节生产等起到了非常重要作用<sup>[9]</sup>,而且这样的设施条件和管理水平代表中国目前实际现状,在这样的条件下建立的模型对中国更具有实用性。

3.2 仪器使用

该研究使用光照和空气温湿度记录仪、土壤温湿度记录仪详尽记录了番茄整个生长期的光、温、湿变化,分析整个生长期每周的各个时段的、平均有效气温和土温对番茄器官发育的影响,数据反映的信息量比以往研究中笼统采用“平均辐射”、“平均气温”、“平均土温”等气象资料的相关分析结果更丰富,更接近真实情况,对今后准确预测作物生长发育动态具有重要参考价值<sup>[10]</sup>。

3.3 影响因子

对番茄器官的发育与大棚内的辐射、气温和土温关系密切,与空气湿度没有显著性关系。对番茄株高变化影响最大的环境因子是 $X_1$ ,而 $X_5$ 和 $X_2$ 主要是通过 $X_1$ 而间接影响株高的变化;对番茄绿叶数变化影响最大的环境因子是 $X_5$ ,而 $X_{14}$ 主要是通过 $X_5$ 而间接影响绿叶数的变化;对番茄坐果率变化影响最大的环境因子是 $X_4$ ,而 $X_{11}$ 、 $X_{13}$ 、 $X_{14}$ 、 $X_6$ 和 $X_{12}$ 主要是通过 $X_4$ 而间接影响坐果率的变化;对番茄果实体积变化影响最大的环境因子是 $X_3$ ,而 $X_{12}$ 、 $X_{13}$ 、 $X_{11}$ 和 $X_6$ 主要是通过 $X_3$ 而间接影响果实体积的变化。

3.4 综合分析

辐射和温度是影响番茄器官发育的主要环境因子。Cochshull等<sup>[11]</sup>和Hussey等<sup>[12]</sup>得出出叶速率随日辐射和温度的增加而增加,而作物产量与冠层累计截获辐射量呈线性关系<sup>[13]</sup>。温度影响植株发育速度<sup>[14]</sup>、花形态<sup>[15]</sup>、干物质分配<sup>[16-17]</sup>和果实发育<sup>[14]</sup>和坐果率。日平均温度在15~25℃,日平均相对湿度在40%~70%范围内,有利于果实的膨大<sup>[18]</sup>。温度也影响番茄的营养生长,在昼均温18~32℃范围内,27~27℃时出叶最快<sup>[19]</sup>,大棚内土壤温度状况主要是通过直接影响到根系的生长和养分、水分的输送<sup>[9]</sup>而影响番茄的生长。该研究综合得出,大棚内气温是影响番茄器官发育的最主要因

子,其它环境因子都是通过温度而间接影响其器官发育的。

参考文献

[1] 徐刚 张昌伟,李德翠,等.温室番茄光合生产和干物质积累模型的建立[J].内蒙古农业大学学报,2007,28(3):171-176.  
[2] 张光星,王靖华.番茄无公害生产技术[M].北京:中国农业出版社,2003.  
[3] 廉华,马光恕.番茄产量形成与大棚内气象要素之间的动态关系研究[J].吉林农业科学,2005,30(1):52-56.  
[4] 程智慧.蔬菜栽培学总论[M].北京:科学出版社,2010.  
[5] 杨勇政,梁燕,樱桃番茄主要农艺性状与产量的相关及通径分析[J].北方园艺,2006(3):1-2.  
[6] 向常萍,陈洪明,张宏荣.南瓜产量构成性状的相关分析[J].中国蔬菜,2004(6):29-30.  
[7] 刘玉华,史纪安,贾志宽.旱作条件下紫花苜蓿光合蒸腾日变化与环境因子的关系[J].应用生态学报,2006,17(10):1181-1184.  
[8] 袁志发,周静芋.决策系数—通径分析中的决策指标[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29(5):129-133.  
[9] 李淑敏,沈能展,肖玉玉.寒地大棚番茄生育光温指标的研究[J].东北农业大学学报,2003,43(3):262-265.  
[10] 张鲁民,刘志诚,刘力行.温室菊花上的桃蚜种群数量动态及温湿度对其影响分析[J].上海交通大学学报(农业科学版),2008,26(1):66-69.  
[11] Cochshull K E H, Langton F A. The effects of day and night temperature on flower initiation and development in chrysanthemum[J]. Acta Horticulturae, 1981, 125: 101-110.  
[12] Hussey G. Growth and development in the young tomato. II. The effect of temperature and light intensity on growth of the shoot apex and leaf primordial[J]. J. Exp. Bot., 1963a 14: 316-25.  
[13] Monteith J L. Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1994, 68: 213-220.  
[14] De Koning A N M. Development and dry matter distribution in glass-house tomato: a quantitative approach[M]. Dissertation Wageningen Agricultural University, Wageningen, 1994.  
[15] 张振贤,程智慧.高级蔬菜生理学[M].北京:中国农业大学出版社,2009.  
[16] Walker A J, Ho L C. Carbon translocation in the tomato: Effects of fruit temperature on carbon metabolism and the rate of translocation[J]. Annals of Botany, 1977, 41: 825-832.  
[17] Williams A M, Marinos N G. Regulation of movement on CO<sub>2</sub> exchange of Lucerne (*Medicago sativa*.) grown on a heavy clay soil[J]. Irrigation Science, 1977, 7: 169-181.  
[18] 任鹤麒,王瑞芳.果实膨大与气象条件的关系[J].中国农业气象,1995,16(6):17-18,44.  
[19] 弓志青.温室温度与番茄生长、生产关系的分析[D].太原:山西农业大学,2003.

# 红花继木花红色素提取及稳定性研究

蔡定建<sup>1</sup>, 熊以俊<sup>2</sup>, 吴华龙<sup>1</sup>, 徐娜<sup>1</sup>, 刘慧<sup>1</sup>, 李祖莹<sup>3</sup>

(1. 江西理工大学 材料与化学工程学院, 江西 赣州 341000; 2. 赣州市逸豪优美科实业有限公司, 江西 赣州 341000;

3. 赣州市农科所, 江西 赣州 341000)

**摘要:**以红花继木花为原料, 采用浸提法提取红花色素, 通过单因素实验、正交实验和方差分析研究花红色素的最佳提取条件及稳定性。结果表明: 红花继木花红色素的最佳工艺条件是以 30% 的柠檬酸-水溶液做提取剂, 温度为 70℃, 时间 2 h; 原料与提取剂配比为 1 g : 30 mL。

**关键词:**红花继木; 提取; 花红色素; 稳定性

**中图分类号:** Q 949.751.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)20-0030-04

红花继木(*Lorpetalum chindense* var. *rubrum*)别名红桎木、红欏花, 为金缕梅科常绿灌木或小乔木, 嫩枝被暗红色星状毛。红花继木枝繁叶茂, 树态多姿, 木质柔韧, 耐修剪蟠扎, 具有极高的观赏价值, 是制作树桩盆景的好材料。在我国主要分布于长江中下游及以南地区,

如苏州、无锡、宜兴、溧阳、句容等。该树适应性强, 耐旱, 喜温暖, 耐寒冷; 萌芽力和发枝力强, 耐修剪, 耐瘠薄, 但适宜在肥沃、湿润的微酸性土壤中生长。红花继木的叶红色素属花青素类色素<sup>[1]</sup>。花青素自然状态下多以花色苷的形式存在<sup>[2]</sup>。花色苷不仅无毒诱变作用, 而且有治疗特性, 花、根、叶可药用<sup>[3]</sup>。因此, 合理开发利用天然食用色素对保障消费者健康、促进食品工业发展均具有重要意义。现对红花继木的叶红色素提取过程中的最佳提取条件及稳定性进行研究, 以期对红花继木的开发应用及天然食用色素的提取提供科学依据。

**第一作者简介:** 蔡定建(1959-), 男, 江西南昌人, 硕士, 副教授, 现主要从事有机化学理论教学和天然产物的提取与分离和仪器分析与鉴定等科研工作。E-mail: caidingjian@126.com。

**收稿日期:** 2010-07-22

## Dynamic Relationship Between the Development of Tomato Organ and Environmental Element in the Greenhouse

LAI Lin-ling, CHENG Zhi-hui, TENG Lin, CHEN Xue-jin

(College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** Taking unlimited growth type tomato "Jinpeng No. 1" as test material, the dynamic relationship between the development of tomato organs (plant height (H), the number of green leaves (L), the rate of fruit set (F) and fruit volume (V)) and environmental elements were studied using regression analysis, correlation analysis and path analysis. The results showed that  $X_1$  (accumulated photosynthetic radiation of weekly mean value in the morning) had the greatest effect on the changes of H, while  $X_5$  (accumulated effective soil temperature of weekly mean value in the early night) and  $X_2$  (accumulated photosynthetic radiation of weekly mean value in the afternoon) affected H mainly through their acting on  $X_1$ .  $X_5$  had the greatest effect on the changes of L, while  $X_{14}$  (accumulated effective air temperature of weekly mean value in the late night) affected L mainly through their acting on  $X_5$ .  $X_4$  (accumulated effective soil temperature of weekly mean value in the afternoon) had the greatest effect on the changes of F, while  $X_{11}$  (accumulated effective air temperature of weekly mean value in the morning) and  $X_B$  (accumulated effective air temperature of weekly mean value in the early night),  $X_{14}$ ,  $X_6$  (accumulated effective soil temperature of weekly mean value in the late night) and  $X_{12}$  (accumulated effective air temperature of weekly mean value in the afternoon) affected F mainly through their acting on  $X_4$ .  $X_3$  (accumulated effective soil temperature of weekly mean value in the morning) had the greatest effect on the changes of V, while  $X_{12}$ ,  $X_B$ ,  $X_{11}$  and  $X_6$  affected H mainly through their acting on  $X_3$ .

**Key words:** tomato; development of organ; environmental elements; regression analysis; path coefficient analysis