

于 璐,蒋芳玲,周 蓉,等. 培养基类型和培养温度对引进番茄品种花粉活力的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):110–113.

# 培养基类型和培养温度对引进番茄品种花粉活力的影响

于 璐, 蒋芳玲, 周 蓉, 曹 雪, 吴 震

(南京农业大学园艺学院/农业部华东地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室,江苏南京 210095)

**摘要:**为了探讨不同培养基类型和培养温度对番茄花粉活力的影响,比较不同品种番茄花粉活力差异,确定番茄花粉萌发的适宜培养基和温度,以 8 个美国引进番茄品种为材料,设置了 5 种培养基和 5 个培养温度,测定花粉的萌发率和花粉管长度。结果表明:番茄花粉离体萌发的最适培养基为 120 g/L 蔗糖 + 120 mg/L 硼酸 + 4 mg/L  $GA_3$  + 0.5 mg/L 硫胺素 + 1% 琼脂;双因素方差分析结果,不同温度及不同品种间花粉活力差异显著,而且 2 者之间存在显著的交互作用。番茄花粉离体萌发的最适温度是 25 ℃,品种 NT-181 在 25 ℃ 条件下的花粉活力最高;在供试品种中,NT-203 具有耐高温的能力,NT-168、NT-186 具有耐低温的能力。研究结果明确了不同品种番茄花粉活力对不同温度的耐性,为番茄育种的耐高温、耐低温亲本选择和番茄栽培的耐高温、耐低温品种的筛选提供依据。

**关键词:**番茄;花粉活力;萌发率;花粉管长度

**中图分类号:** S641.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)01-0110-04

番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 为茄科 (Solanaceae) 番茄属植物,是全球范围内广泛栽培的重要蔬菜作物<sup>[1]</sup>。番茄采用有性繁殖,在有性繁殖中花粉作为遗传物质的载体,花粉活力的有无及大小决定遗传物质传递的成败,并与坐果率、种子发育及果实生长有密切的关系<sup>[2]</sup>。因此在进行番茄授粉受精、胚胎发育、遗传育种和花粉学研究之前,都要检测花粉的活力<sup>[3]</sup>。

花粉活力的检测通常分为萌发测定和不萌发测定。萌发测定是利用培养基使花粉萌发并测定花粉管的生长,根据此现象判断花粉的活力。非萌发测定是指不需要通过花粉的萌发即可判断花粉活力的高低,测定方法有对花粉呼吸作用或其沥出液的化学电导率的测定、根据胞质的有无以及酶活性情况进行的染色测定、根据脯氨酸含量差异进行的测定、形成有效种子能力为基准进行的测定<sup>[4-5]</sup>。花粉萌发和花粉管伸长测定是简易而有效的检测方法。

花粉活力受自身遗传和环境因素的影响<sup>[6-7]</sup>,除与花器官发育情况及光照、湿度密切相关外,还受温度条件影响,这在辣椒、黄瓜、苦瓜、西瓜等蔬菜的研究中已得到证实<sup>[8-11]</sup>。在夏季高温季节种植番茄,或在晚春、早秋利用保护设施栽培番茄,均会出现异常高温,极易对番茄生长发育造成胁迫<sup>[12]</sup>。持续的高温环境往往导致番茄花粉活力的下降和番茄生长发育的异常,进而影响番茄的产量和质量,因此番茄耐热新品种的选育受到越来越多育种者的关注。Abdul-Baki 等研究发现,在高温下花粉萌发率高的品种坐果率也高<sup>[13-14]</sup>,说明高

温下的花粉萌发率在一定程度上体现了番茄的耐高温胁迫能力<sup>[15]</sup>。低温冻害是当前番茄生产主要的障碍之一。番茄为喜温植物,低于 15 ℃ 就容易导致冻害发生,造成落花、落果及坐果率下降。相关资料表明,低温对番茄坐果率的影响主要发生在两个阶段,分别是花粉形成阶段和授粉受精阶段<sup>[16]</sup>。

有关番茄、辣椒花粉活力的研究国内外均有报道<sup>[17-19]</sup>,前人研究多侧重于影响番茄花粉萌发率,而对温度与品种与番茄花粉活力交互作用的研究并不多见。本试验采用植物显微技术,首先明确花粉萌发的适宜培养基,在此基础上研究不同温度处理下 8 个美国引进品种番茄花粉活力的差异及其对高温和低温的耐受情况,筛选出耐高温、低温的番茄品种,为番茄耐高温、低温育种以及在高温或低温条件下番茄栽培的品种选择提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试植物材料为美国加州大学番茄遗传中心提供的 8 个番茄品种。编号、名称和类型见表 1。

表 1 番茄品种编号、名称和类型

编号	名称	类型
NT-163	LA0454	<i>L. peruvianum</i>
NT-168	LA1019	<i>L. esculentum</i>
NT-181	LA1994	<i>L. esculentum</i> var. <i>cerasiforme</i>
NT-182	LA1996	<i>L. esculentum</i>
NT-183	LA2006	<i>L. esculentum</i>
NT-186	LA2093	<i>L. pimpinellifolium</i>
NT-203	LA3847	<i>L. esculentum</i>
NT-206	LA3917	<i>L. esculentum</i>

### 1.2 试验设计与处理方法

试验于 2012 年 4—8 月在南京农业大学园艺学院进行。番茄种子经浸种、催芽后播种于 72 孔穴盘中,育苗基质为泥炭、蛭石、珍珠岩按 2:1:1 比例(体积比)配制的复合基质。待幼苗第 4 张真叶完全展开时,选取生长状态一致的番茄幼

收稿日期:2013-05-13  
基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(12)4044];江苏省科技支撑计划(编号: BE2011435、BE2011461)。  
作者简介:于 璐(1989—),女,江苏淮安人,硕士研究生,研究方向为蔬菜栽培生理与生物技术。E-mail: 2010104081@njau.edu.cn。  
通信作者:吴 震,教授,博士生导师,主要从事蔬菜栽培生理与生物技术等方面的研究。E-mail: wzh@njau.edu.cn。

苗定植塑料大棚内,定期浇水施肥。采集以上各番茄品种即将开放的花蕾(大蕾期),取下花药,用透明纸包好后埋入硅胶中阴干。当花粉完全散出后备用。

1.2.1 不同培养基下番茄花粉活力的比较 根据果实的大小将番茄分为樱桃番茄、小果形番茄、中果形番茄、大果型番茄,选择具有代表性的 4 个番茄品种,编号分别为 NT-181、NT-182、NT-203、NT-206。采用花粉离体萌发法测定花粉活力。根据相关试验结果<sup>[3,18,20]</sup>,选择 5 种培养基:(1)130 g/L蔗糖+150 mg/L 硼酸+1% 琼脂,以 M1 表示;(2)120 g/L 蔗糖+120 mg/L 硼酸+4 mg/L GA<sub>3</sub>+0.5 mg/L 硫胺素+1% 琼脂,以 M2 表示;(3)125 g/L 蔗糖+150 mg/L 硼酸+0.5% 琼脂,为 M3 表示;(4)140 g/L 蔗糖+80 mg/L 硼酸+7 mg/L GA<sub>3</sub>+0.5 mg/L 硫胺素+1% 琼脂,以 M4 表示;(5)100 g/L 蔗糖+120 mg/L 硼酸+7 mg/L GA<sub>3</sub>+0.4 mg/L 硫胺素+1% 琼脂,以 M5 表示。

将配制好的培养基,用玻璃棒蘸取 2~3 滴滴于载玻片中央,冷却后将花粉均匀播种于载玻片的培养基上,25℃暗培养 3h 后,在光学显微镜下观察,统计花粉萌发率和花粉管生长长度。花粉管长度大于花粉粒直径视为萌发。每个载玻片观察 3 个视野,每视野≥20 粒花粉,按公式计算花粉萌发率:花粉萌发率=视野中已萌发的花粉粒数/同一视野中花粉粒总数×100%。

1.2.2 品种和温度双因素处理对番茄品种花粉活力的影响 设置品种为 A 因素,温度为 B 因素。共 8 个品种,分别为 A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7、A8,其对应的品种编号分别为:NT-163、NT-168、NT-181、NT-182、NT-183、NT-186、NT-203、NT-206;共 5 个温度水平,记作 B1、B2、B3、B4、B5,对应的温度分别为 11、18、25、32、39℃。A 与 B 的不同水平组合 A<sub>i</sub>B<sub>j</sub>(i=1,2,⋯,8;j=1,2,⋯,5)共有 40 个,每个水平

组合为一个处理。根据“1.2.1”节的结果,选用培养基 120 g/L 蔗糖+120 mg/L 硼酸+4 mg/L GA<sub>3</sub>+0.5 mg/L 硫胺素+1% 琼脂对花粉进行离体培养,统计每个处理的花粉萌发率和花粉管长度。每个处理重复 3 次,每次测定 20 根花粉管的长度,花粉萌发率观察和计算方法同“1.2.1”节。

1.3 数据处理和分析

试验所得数据采用 EXCEL 2003 和 SPSS 16.0 软件进行数据处理和分析,按双因素有重复试验设计进行方差分析及 Duncan’s 多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同培养基对番茄花粉活力的影响

从表 2 看出,在相同培养基上,不同品种番茄的花粉萌发率不同,说明不同品种番茄的花粉活力存在差异;同一品种在不同培养基上的花粉萌发率也不同,说明同一品种番茄花粉活力对不同培养基的响应不同。

品种 NT-181,以 M2 培养基的花粉发芽率最高,达到 66.07%,显著高于 M3、M4、M5 培养基,但 M1 与 M2 间差异不显著。品种 NT-206 在不同培养基上花粉发芽率的差异显著性与品种 NT-181 相同,但最高发芽率 M2 仅为 15.68%。品种 NT-182,在 M2 培养基的花粉发芽率为 12.49%,显著高于其他培养基,其他培养基间花粉萌发率差异不显著。品种 NT-203 在 M2 培养基的花粉发芽率为 20.28%,显著高于 M4、M5,与 M1 和 M3 间差异不显著。

供试的 4 个番茄品种,花粉萌发率均以品种 NT-181 最高,在 5 种培养基上的发芽率范围为 58.66%~66.07%;以品种 NT-182 最低,发芽率范围为 8.46%~12.49%。4 个品种均以培养基 M2 的花粉发芽率最高。

表 2 不同培养基下番茄花粉萌发率

培养基	花粉萌发率(%)			
	NT-181	NT-182	NT-203	NT-206
M1	62.17±1.64ab	8.81±0.93b	16.54±0.52ab	12.05±0.87ab
M2	66.07±2.60a	12.49±1.05a	20.28±0.70a	15.68±2.09a
M3	59.40±1.66b	8.46±0.27b	16.26±2.82ab	10.33±0.75b
M4	58.66±0.90b	9.38±0.61b	13.62±3.06bc	9.23±0.45b
M5	59.28±1.96b	9.58±1.60b	9.13±0.87c	10.43±1.00b

注:同列数字后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。表 5 至表 7 同。

2.2 品种和培养温度对番茄花粉活力的影响

2.2.1 番茄品种和培养温度对花粉活力的影响 采用双因素设计和统计方法,分析品种和培养温度对番茄花粉萌发率及花粉管生长的影响,结果见表 3、表 4。从表 3 看出,品种、培养温度及品种与培养温度交互作用的 P 值均为 0.00,表明品种和培养温度对番茄花粉萌发率有显著影响,而且二者存在显著的交互作用。

从表 4 看出,品种、培养温度及品种与培养温度交互作用的 P 值均为 0.00,表明品种和培养温度对番茄花粉管伸长影响显著,而且二者存在显著的交互作用。

2.2.2 品种对番茄花粉萌发率和花粉管伸长的影响 从表 5 看出,不同番茄品种间花粉萌发率和花粉管长度差异显著。

表 3 品种及温度对番茄花粉萌发率作用的双因素方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方和	F 值	P 值
品种	2 486.06	7	355.15	134.86	0.00
温度	4373.02	4	1093.26	415.13	0.00
品种×温度	6 928.05	28	247.43	93.95	0.00
误差	210.68	80	2.63		
总和	19 285.91	120			

8 个供试品种中在本试验温度范围内,品种 NT-181 花粉萌发率最高,为 16.56%,显著高于其他品种;品种 NT-183 花粉萌发率最低,为 2.01%,显著低于除 NT-168 外的其他品种。品种 NT-186 花粉管最长,为 75.23 μm,显著高于除

表 4 品种及温度对番茄花粉管长度作用的双因素方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方和	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
品种	35 339.63	7	5 048.52	27.95	0.00
温度	9 8081.03	4	24 520.26	135.77	0.00
品种×温度	53 629.60	28	1 915.34	10.61	0.00
误差	14 447.93	80	180.60		
总和	411 917.136	120			

NT-181 品种之外的其他品种。品种 NT-186 与 NT-181、NT-181 和 NT-182 之间差异不显著;品种 NT-168、NT-206 花粉管最短,均显著低于品种 NT-186、NT-181 和 NT-182。

表 5 不同番茄品种萌发率、花粉管长度的差异

品种编号	品种名称	萌发率(%)	花粉管长度(μm)
A1	NT-163	4.02±0.42d	35.63±3.47cd
A2	NT-168	3.50±0.42de	24.41±3.47d
A3	NT-181	16.56±0.42a	61.28±3.47ab
A4	NT-182	4.43±0.42cd	46.77±3.47bc
A5	NT-183	2.01±0.42e	33.14±3.47cd
A6	NT-186	5.15±0.42cd	75.23±3.47a
A7	NT-203	11.31±0.42b	36.50±3.47cd
A8	NT-206	6.11±0.42c	22.04±3.47d

2.2.3 培养温度对番茄花粉萌发率和花粉管伸长的影响  
从表 6 看出,在温度 25℃ 以下,随着温度的上升,花粉萌发率和花粉管长度均增加;在温度 25℃ 以上,随着温度的上升,花粉的萌发率和花粉管长度均降低。不同培养温度间番茄花粉的萌发率和花粉管长度均差异显著。

在本试验的 5 个温度处理中,11℃ 处理的花粉萌发率显著高于 39℃ 处理,18℃ 处理的花粉萌发率显著高于 11、32、39℃ 处理。11℃ 处理的花粉管长度显著高于 39℃ 处理,18℃ 处理的花粉管长度显著高于 11、39℃ 处理。以 25℃ 处理的花粉萌发率最高,为 17.88%,花粉管最长,为 89.84 μm,均显著高于其他处理;以 39℃ 处理的花粉萌发率最低,为 0.14%,花粉管最短,为 4.14 μm,均显著低于其他处理。

表 6 温度对番茄花粉萌发率及花粉管长度的影响

处理编号	温度(℃)	萌发率(%)	花粉管长度(μm)
B1	11	3.99±0.33c	23.98±2.74c
B2	18	7.08±0.33b	43.22±2.74b
B3	25	17.88±0.33a	89.84±2.74a
B4	32	4.10±0.33c	48.19±2.74b
B5	39	0.14±0.33d	4.14±2.74d

2.2.4 番茄品种和培养温度对花粉萌发率和花粉管长度的影响  
由表 7 可见,处理组合 A3B3 的花粉萌发率显著高于其他处理,A7B3、A7B2、A8B3 的萌发率次之,并且显著高于其他处理;A3B3、A6B3 的花粉管长度显著高于其他处理,A4B3 的花粉管长度次之,显著高于除 A4B4 以外的其他处理。

品种 NT-168 和 NT-186 在 18℃ 与 25℃ 处理条件下的花粉萌发率差异不显著,其余品种的萌发率均在温度 25℃ 条件下达到最大值。除 NT-203 在温度 32℃ 条件下的花粉管长度最长外,其他品种的花粉管长度均在温度为 25℃ 条件下达到最大值。

表 7 番茄品种和培养温度对番茄花粉萌发率和花粉管长度的影响

处理组合	萌发率(%)	花粉管长度(μm)
A1B1	3.37±0.56lmno	26.62±6.49ijklmn
A1B2	6.62±0.32fghijk	51.67±11.77fghi
A1B3	8.91±0.85efg	79.90±13.40cde
A1B4	0.87±0.13nop	17.60±3.25klmn
A1B5	0.31±0.06op	2.33±0.11n
A2B1	3.75±0.63klmn	5.87±0.31mn
A2B2	5.51±0.38hijkl	16.30±0.95klmn
A2B3	4.93±1.18ijklm	56.30±4.89defgh
A2B4	3.33±0.23lmno	43.60±7.08 ghij
A2B5	0.00±0.00p	0.00±0.00n
A3B1	7.95±0.15fghi	63.46±12.43defg
A3B2	6.07±0.03ghijkl	62.68±12.43defg
A3B3	66.07±2.60a	157.84±14.73a
A3B4	2.11±0.11mnop	18.23±4.23jklmn
A3B5	0.60±0.10op	4.18±0.10n
A4B1	0.00±0.00p	0.00±0.00n
A4B2	5.21±0.17 ijkl	30.76±1.96hijklm
A4B3	12.49±1.05d	110.30±5.55b
A4B4	4.45±0.52jklm	92.79±8.72bc
A4B5	0.00±0.00p	0.00±0.00n
A5B1	0.61±0.02op	8.66±0.20mn
A5B2	1.26±0.12nop	39.96±3.00ghijk
A5B3	5.27±1.45ijkl	59.87±9.92defg
A5B4	2.92±0.59lmnop	57.21±9.85defg
A5B5	0.00±0.00p	0.00±0.00n
A6B1	5.87±0.31ghijkl	70.36±13.01edef
A6B2	9.49±0.32ef	81.39±15.17cd
A6B3	9.38±3.25ef	154.61±20.40a
A6B4	0.88±0.04nop	43.21±6.62ghij
A6B5	0.18±0.03p	26.60±3.60ijklmn
A7B1	8.50±0.80efgh	13.32±0.92lmn
A7B2	16.58±0.60c	55.10±5.04efgh
A7B3	20.28±0.70b	39.62±7.44ghijk
A7B4	11.22±1.73de	74.47±5.60cdef
A7B5	0.00±0.00p	0.00±0.00n
A8B1	1.88±0.35mnop	3.57±0.52n
A8B2	5.94±0.41ghijkl	7.91±0.35mn
A8B3	15.68±2.09c	60.28±9.68defg
A8B4	7.04±1.20fghij	38.43±4.92ghijkl
A8B5	0.00±0.00p	0.00±0.00n

3 讨论

花粉活力与坐果率直接相关,花粉萌发率和花粉管长度是鉴定花粉活力的 2 个基本要素。在番茄花粉离体培养试验中,不同研究者所用培养基组分结论存在较大的差异,甚至在相同的品种上也不尽相同<sup>[21-24]</sup>。本试验在前人研究基础上,筛选出对于不同类型番茄品种的最适培养基为 120 g/L 蔗糖+120 mg/L 硼酸+4 mg/L GA<sub>3</sub>+0.5 mg/L 硫胺素+1% 琼脂,表明在培养基中添加适宜浓度的赤霉素和硫胺素有利于花粉的萌发。

本研究结果,相同品种花粉萌发率和花粉管长度随培养温度增加表现为先升高后降低的趋势,8 个番茄品种中,除了

品种 NT-168 和 NT-186 在温度为 18 ℃ 与 25 ℃ 条件下的花粉萌发率差异不显著,其余品种的花粉萌发率在适宜萌发温度 25 ℃ 时达到最大值,在高温 39 ℃ 条件下为最小值;除品种 NT-203 花粉管长度在 32 ℃ 下为最大值外,其他番茄品种的花粉管长度均在适宜萌发温度 25 ℃ 时达到最大值,在高温 39 ℃ 条件下均为最小值。表明品种 NT-203 具有耐高温的潜力,品种 NT-168 和 NT-186 具有耐低温的能力,同时也说明多数品种花粉活力的适宜温度为 25 ℃ 左右,对高温的敏感性大于对低温的敏感性。

在温度 25 ℃ 的培养条件下,8 个供试番茄品种的花粉均表现出活力,但不同品种间花粉萌发率和花粉管长度均有显著差异。全部供试材料的平均花粉离体萌发率为 17.88%,以品种 NT-181 最高,为 66.07%;品种 NT-182、NT-203、NT-206 的花粉萌发率为 10%~21%;品种 NT-163、NT-168、NT-183、NT-186 的花粉萌发率均低于 10%。品种 NT-181、NT-186 的花粉管长度最长,分别为 157.84、154.61 μm;NT-168、NT-183、NT-203 品种的花粉管长度均小于 60 μm。表明番茄花粉活力受基因型影响显著。在番茄育种和繁种的亲本选择时,应考虑不同品种花粉活力的差异。

在不同温度条件下,花粉活力差异较大。本试验中 8 个番茄品种在 11~39 ℃ 的培养温度下均表现出不同程度的花粉萌发率和花粉管长度。与其他作物相似,番茄花粉活力,除与自身遗传差异有关外,还受温度、光照、湿度<sup>[25-28]</sup>等因素影响。

本试验明确了不同番茄品种花粉活力对高温、低温的耐性。在本试验的供试品种中,常温下花粉活力最高是 NT-181,较耐高温的为 NT-203,较耐低温的为 NT-168、NT-186。研究结果为番茄育种中授粉植株及耐高温、耐低温品种的筛选提供依据,也可为番茄栽培中耐热或耐冷品种的应用提供指导。

#### 参考文献:

- [1] 王海廷,王 鸣,李长年. 番茄育种[M]. 上海:上海科学技术出版社,1988:14-27.
- [2] 郑艳红,王 姝,刘仲齐. 影响番茄花粉活力和制种产量的主要因素[J]. 天津农业科学,2010,16(3):97-100.
- [3] 赵凌侠,刘守伟,李景富,等. 番茄属(*Lycopersicon*)花粉萌发培养基组份的优化[J]. 东北农业大学学报,2000,31(2):147-151.
- [4] 王钦丽,卢龙斗,吴小琴,等. 花粉的保存及其生活力测定[J]. 植物学通报,2002,19(3):365-373.
- [5] Gelderen E V, Annabel F, Robbertse P J. The criteria of measurement of the inorganic acid test of pollen viability[J]. South African Journal of Botany, 1994, 61: 253-259.
- [6] 日本农山渔村文化协会. 蔬菜生物生理学基础[M]. 北京农业大学译. 北京:农业出版社,1985:199-381.
- [7] 刘会超,贾文庆. 离体萌发法测定垂丝海棠花粉生活力的研究

- [J]. 山西农业科学,2007,35(5):39-41.
- [8] 缪旻珉,李 权,曹碯生,等. 高温对黄瓜生殖生长及产量形成的影响[J]. 园艺学报,2000,27(6):412-417.
- [9] 严 峥. 影响辣椒花粉活力和结实率的光温条件研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2004:1-40.
- [10] 彭单义,胡开林. 苦瓜的开花习性及其花粉萌发率的因素[J]. 中国蔬菜,1998(5):17-18.
- [11] 郭 尚,王秀英. 不同因素对西瓜花粉生活力的影响[J]. 华北农学报,2006,21(3):91-94.
- [12] 王冬梅,许向阳,李景富. 番茄耐热性研究进展[J]. 中国蔬菜,2003(2):58-60.
- [13] Abdul-Baki A A. Determination of pollen viability in tomatoes[J]. Hortscience,1992,117(3):473-476.
- [14] Abdul-Baki A A. Tolerance of tomato cultivars and selected germplasm to heat stress[J]. Hortscience,1991,116(6):1113-1116.
- [15] Abdul-Baki A A, Stommel J R. Pollen viability and fruit set of tomato genotypes under optimum and high temperature regimes[J]. Hortscience,1995,30(1):115-117.
- [16] 王 富,李景富,许向阳,等. 不同叶龄期低温处理对番茄花粉发育影响[J]. 北方园艺,1999(2):3-4.
- [17] 肖春英,张育鹏. 辣椒花粉萌发的研究[J]. 中国蔬菜,1981(2):13-15.
- [18] 罗素兰,符 列,符传秀,等. 6 种番茄种质花粉活力的鉴定[J]. 海南大学学报:自然科学版,2002,20(3):243-246.
- [19] Zamir D, Tanksley S D, Jones R A. Haploid selection for low temperature tolerance of tomato pollen[J]. Genetics, 1982, 101(1):129-137.
- [20] 王 富,李文丽,秦公伟,等. 番茄花粉萌发液体培养基的筛选和组份优化[J]. 北方园艺,2008(11):143-145.
- [21] 胡适宜. 被子植物胚胎学[M]. 北京:人民教育出版社出版,1983:38-64.
- [22] 林志成. 两个番茄品种花粉萌发力的研究[J]. 中国蔬菜,1984(4):32-34.
- [23] 陈竹君,吴定华. 番茄远缘杂种 F<sub>1</sub> 及其双亲花粉萌发力的研究[J]. 中国蔬菜,1988(1):12-17.
- [24] 胡宝忠,桂明珠,李桂芹,等. 黑穗醋栗花粉生活力及萌发力的研究[J]. 东北农业大学学报,1995,26(3):293-296.
- [25] Wang B P, Qian Y C. The effect of meteorological factors on the pollination, fertilization and fruit setting of the peach[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1989, 16(1):11-16.
- [26] Martinez G P, Gradziel T M, Ortega E. Low temperature storage of almond pollen[J]. The American Society for Horticultural Science, 2002, 7(4):691-692.
- [27] 陈新伟. 番茄花粉活力及坐果率对环境温度变化的反应[J]. 园艺学报,1996,23(4):392-394.
- [28] 黄艳慧,李亚灵,温祥珍. 高温下不同空气湿度对温室番茄花粉活力和坐果率的影响[J]. 西北农业学报,2011,20(11):105-110.