

苗期低温胁迫对番茄生长及果实畸形发生的影响

权建华¹, 孙铭若¹, 冯丽玲¹, 段 誉², 鄂利锋¹

(1. 河西学院农业与生态工程学院, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省农业科学院张掖节水试验站, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 为探讨低温对番茄生殖生长的影响, 为耐低温番茄品种选育及栽培措施提供理论依据。对9个不同基因型番茄材料分别进行了低温下的种子发芽试验、苗期耐寒性鉴定、苗期自然低温处理对后期番茄生长及坐果率和畸形果发生的影响试验。结果表明, 低温使部分基因型番茄种子的发芽率降低, 延长了发芽时间; 不同基因型番茄材料苗期对低温反应不同, 表现出较大差异; 田间自然低温对番茄植株生长速度、开花、结果均造成不同程度的影响。综合分析试验结果认为, 番茄材料 LA3969 耐低温综合能力最强, 德奥特 7845 综合表现较好, 其次是 JX-701 和华美 168, 其余材料耐低温综合能力表现一般, 对照 7363 表现最差。

关键词: 番茄; 低温胁迫; 苗期; 发芽率; 耐寒性; 生长发育; 坐果率; 畸形果率

中图分类号: S641.2

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2022)01-0078-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2022.01.015

Effects of Low Temperature Stress during Seedling Stage on Growth and Fruit Malformation of Tomatoes

QUAN Jianhua¹, SUN Mingruo¹, FENG Liling¹, DUAN Yu², E Lifeng¹

(1. College of Agriculture and Ecological Engineering, Hexi University, Zhangye Gansu 734000, China; 2. Zhangye Water Saving Experimental Station of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Zhangye Gansu 734000, China)

Abstract: To investigate the effects of low temperature on reproductive growth of tomatoes and to provide reference for the breeding and cultivation method of low temperature resistant tomato cultivars, 9 different genotypes of tomato materials were used in this study to conduct experiments of seeds germination under low temperature, cold tolerance identification at seedling stage, effect of natural low temperature treatment at seedling stage on tomato growth at late stage, fruit setting rate and fruit malformation. The results showed that low temperature reduced the seed germination rate and prolonged the germination time in some tomato genotypes. Different genotypes showed different responses to low temperature at seedling stage. The natural low temperature in the field affected the growth rate, flowering and fruiting of tomato plants to varying degrees. In general, LA3969 showed the strongest comprehensive low-temperature resistance, Deaote 7845 showed a good comprehensive performance followed by JX-701 and Huamei 168, other materials showed mediocre comprehensive low-temperature resistance, while the control 7363 showed the worst performance.

Key words: Tomato; Low temperature stress; Seedling stage; Germination rate; Cold resistance; Growth and development; Fruit-setting rate; Deformity rate of fruit

番茄起源于南美洲热带、亚热带地区, 属于喜温性蔬菜作物, 对低温反应敏感。低温冷害是当前番茄生产的主要障碍之一, 番茄从种子萌发、幼苗生长、开花结实到果实贮运的任何生育时期都可能发生冷害^[1]。西北地区早春露地番茄栽培容易受到低温冷害, 对番茄商品性造成较大影响。

甘肃河西地区早春季节气温低, 影响番茄花

芽分化, 导致果实整齐度下降, 畸形果增多, 严重影响番茄品质, 造成收益降低^[2]。番茄种子发芽温度在 15 °C 时, 发芽时间延迟, 在 12 °C 时发芽时间显著延迟, 发芽率降低^[3]。环境温度低于 10 °C 时番茄生长发育受阻, 8 °C 时生长量增加迟缓, 5 °C 时生长完全停止^[4]。低温条件下, 温度越低, 花芽分化数增加速度越慢, 花芽分化延迟^[5]。

收稿日期: 2022-05-13; 修订日期: 2022-07-07

基金项目: 国家大学生创新创业训练项目(2021110740025); 河西学院第十二批大学生科技创新项目(129)。

作者简介: 权建华(1989—), 男, 甘肃高台人, 讲师, 硕士, 主要从事蔬菜遗传育种研究工作。Email: gtquanjianhua@163.com。

通信作者: 鄂利锋(1970—), 男, 甘肃张掖人, 副教授, 硕士, 主要从事蔬菜逆境生理研究工作。Email: 496796748@qq.com。

有研究表明, 番茄在苗期 2~4 片真叶时, 12 ℃ 的低温会使番茄产生畸形花, 畸形果增多^[6]。番茄开花坐果适宜温度为 15~30 ℃, 低于 15 ℃ 就容易导致冷害发生, 造成落花落果、坐果率下降, 严重影响番茄产量和品质^[7]。栽培生产中经常使用生长激素喷花、蘸花来保花保果, 提高坐果率, 但容易出现畸形花、畸形果等现象, 影响果实商品性^[8]。西北地区春茬蔬菜经常处于亚低温环境下, 多通过增施钾肥增强番茄抗性, 提高果实品质^[9]。

培育耐寒品种是解决番茄冷害和冻害的有效途径之一。我们通过对 9 个不同基因型的番茄材料进行低温下种子发芽试验、苗期耐寒性鉴定以及苗期自然低温对后期番茄坐果率及畸形果率发生的影响试验, 对不同番茄材料进行耐低温能力评价, 以初步探讨低温对番茄生殖生长的影响, 为耐低温番茄品种选育及栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试 9 个不同基因型番茄材料均为当地主栽品种, 分别为 7673(CK), 由中国种子集团有限公司提供; SYT-21(B1), 由寿光先正达种子有限公司提供; 华美 168(B2), 由酒泉市华美种子有限责任公司提供; CZ-14(B3), 由京研益农(北京)种业科技有限公司提供; 舒伯特(B4), 由北京金种惠农农业科技发展有限公司提供; JX-701(B5), 由石家庄冀新种业有限公司提供; 德奥特 7845(B6), 由美国圣尼斯蔬菜种子有限公司提供; 奥锦 3 号(B7), 由青岛奥锦生物科技有限公司提供; LA3969(B8), 由华中农业大学提供。

1.2 试验方法

1.2.1 种子发芽试验 试验设 2 个处理, 分别为常温(25 ℃)处理和低温(15 ℃)处理。于 2021 年 3 月 18 日将 9 个基因型供试番茄材料的种子分别放入铺有滤纸的培养皿中, 滤纸要用蒸馏水充分浸湿, 每份材料每皿放置 50 粒, 3 次重复。将装有待处理番茄材料种子的培养皿分别放入人工气候箱培养, 常温处理温度设置为 25 ℃, 低温处理处理温度设置为 15 ℃。及时对不同处理的培养皿进行补水, 每天同一时间统计种子发芽数, 共观察 14 d, 计算各基因型供试番茄材料的发芽情况。

发芽率= (发芽终期全部正常发芽的种子数/供

试种子数) × 100%。

发芽指数 $GI = \sum G_t / D_t$

式中, G_t 为浸种后 t 日的发芽数, D_t 为相应的发芽日数。

1.2.2 番茄苗期耐寒性鉴定 2021 年 3 月 20 日, 将 9 个基因型供试番茄材料的种子播种于塑料营养钵中, 第 4 片真叶展开、第 5 片真叶初现时取样, 将番茄幼苗放入温度设定为 4 ℃ 的冷库中进行苗期耐寒性鉴定, 3 次重复, 每重复 15 株, 处理 7 d 后观察统计相关指标, 计算冷害指数。

番茄冷害分级标准: 0 级为植株叶片正常, 未受冷害; 1 级为仅少数叶片边缘有轻度的皱缩萎蔫; 2 级为 1/2 以下的叶片数萎蔫死亡, 但主茎未死, 恢复常温后仍有长出新叶; 3 级为 1/2 以上的叶片数萎蔫死亡; 4 级为植株全部死亡。

冷害指数 $CI [\sum Xa / (n \sum X)] = [(X_1a_1 + X_2a_2 + \dots + X_n a_n) / nT] \times 100$

式中 X_1 、 X_2 、 X_n 表示各级冷害的番茄株数, a_1 、 a_2 、 a_n 表示各冷害等级, T 为调查的总株数。

1.2.3 苗期自然低温对番茄生长的影响 试验试验设 2 个处理, 即常温处理(保温连栋温室)和低温处理(未覆膜的塑料大棚)。2021 年 3 月将供试番茄材料种子播于 50 孔规格的穴盘中, 第 4 片真叶展开时, 将低温处理的番茄材料转移到未覆膜的单栋塑料大棚进行自然低温处理, 常温处理的番茄材料仍然放在保温连栋温室, 2 处理均需记录每天的最高温度和最低温度, 共观察 14 d。然后将 2 组处理的番茄幼苗定植于露地, 按株行距 0.40 m × 0.55 m 的规格双行种植, 3 次重复, 随机排列, 每重复 15 株。待番茄第 1 花序和第 2 花序开花时, 分别测量其株高和茎粗。后期及时统计番茄第 1 花序和第 2 花序的坐果数及畸形果数, 计算坐果率及畸形果率。

第 n 花序坐果率= (第 n 花序坐果数/第 n 花序花数) × 100%

第 n 花序畸形果率= (第 n 花序畸形果数/第 n 花序坐果数) × 100%

2 结果与分析

2.1 不同基因型番茄材料的发芽情况

从表 1 可以看出, 在 25 ℃ 常温处理下, 9 个基因型番茄材料种子均能正常发芽, 但发芽率存

在一定差别, 其中 B1 发芽率最高, 为 96.2%, 较 CK 增加 23.4 百分点; CK 发芽率最低, 为 72.8%。发芽率从高到低依次为 B1、B5、B6、B7、B8、B2、B3、B4、CK。15 °C 低温处理下, B1、B3、B5、B6、B8 的发芽率和正常温度下发芽率基本一致, 无显著差异; CK、B2、B4、B7 发芽时间延长, 发芽率下降, 其中 CK 发芽率最低, 为 31.6%, 较常温处理下降了 41.2 百分点。发芽指数 B1、B5、B6 均在 18.0 以上, 无显著变化; B3、B8 在 13.0 左右, 也无显著变化; B2、B4、B7 在 8.0 ~ 14.0, 变化幅度较大, 即受低温影响较大。

表 1 不同温度下各基因型番茄材料种子的发芽率和发芽指数

品种	发芽率/%		发芽指数	
	25 °C	15 °C	25 °C	15 °C
CK	72.8 a	31.6 b	10.6 a	8.5 b
B1	96.2 a	95.8 a	19.3 a	19.0 a
B2	83.6 a	72.9 b	13.2 a	12.0 b
B3	79.5 a	76.0 a	14.1 a	12.9 a
B4	78.4 a	36.4 b	11.8 a	8.6 b
B5	93.4 a	93.2 a	18.6 a	18.2 a
B6	92.0 a	92.1 a	18.4 a	18.5 a
B7	85.6 a	46.8 b	13.4 a	10.4 b
B8	84.0 a	84.0 a	14.8 a	13.9 a

2.2 不同基因型番茄材料的耐寒性鉴定

从表 2 可见, B1 和 B8 受冷害较轻, 多数植株的冷害为 0 ~ 1 级, 少数为 2 级, 冷害指数在 10.0 以内; B6 受冷害也较轻, 多数发生了 0 ~ 1 级冷害; 其余基因型番茄品种发生了不同程度的冷害, 其中 B7 最为严重, 多发生了 2 ~ 3 级冷害, 冷害指数为 63.3。各基因型番茄品种的冷害指数从高到低依次为 B7、B4、CK、B2、B3/B5、B6、

表 2 不同基因型番茄材料苗期耐寒性鉴定及其冷害指数

品种	不同冷害植株/株					冷害指数
	0级	1级	2级	3级	4级	
CK	0	3	4	8	0	58.3
B1	10	1	2	0	0	8.3
B2	6	4	5	0	0	23.3
B3	8	3	4	0	0	18.3
B4	0	1	6	8	0	61.7
B5	8	3	4	0	0	18.3
B6	10	3	2	0	0	11.7
B7	0	0	7	8	0	63.3
B8	12	3	0	0	0	5.0

B1、B8。以 B8 耐寒性最好, 冷害指数为 5.0, 较 CK 降低 91.4%; B1 耐寒性次之, 冷害指数为 8.3, 较 CK 降低 85.8%; B6 耐寒性较好, 冷害指数为 11.7, 较 CK 降低 79.9%。这 3 个基因型番茄品种均可以作为选育耐寒番茄品种的优良材料, 其他基因型的番茄品种耐寒性表现一般。

2.3 苗期自然低温对不同基因型番茄植株生长发育的影响

春季露地栽培会遇到不同程度的自然低温影响, 特别在苗期遇到低温会影响番茄的生长发育速度, 进而影响生殖生长^[10]。如图 1 所示, 不同基因型番茄材料对低温的反应差异较大。从株高来看, 各供试番茄材料均有不同程度的降低, CK、B3、B4、B5、B7 低温处理与常温处理相比没有发生显著变化, B1、B2、B6、B8 低温处理较常温处理差异均达显著水平。其中以 B8 株高下降幅度最大, 低温处理较常温处理矮 21 cm。各供试番茄材料的茎粗变化不尽相同, 其中 CK、B5、B6 低温处理与常温处理相比没有发生显著变化; B1、B3、B4 低温处理较常温处理分别增粗 0.41、0.24、0.16 mm, 差异显著, 这可能是由于低温促使植株增强

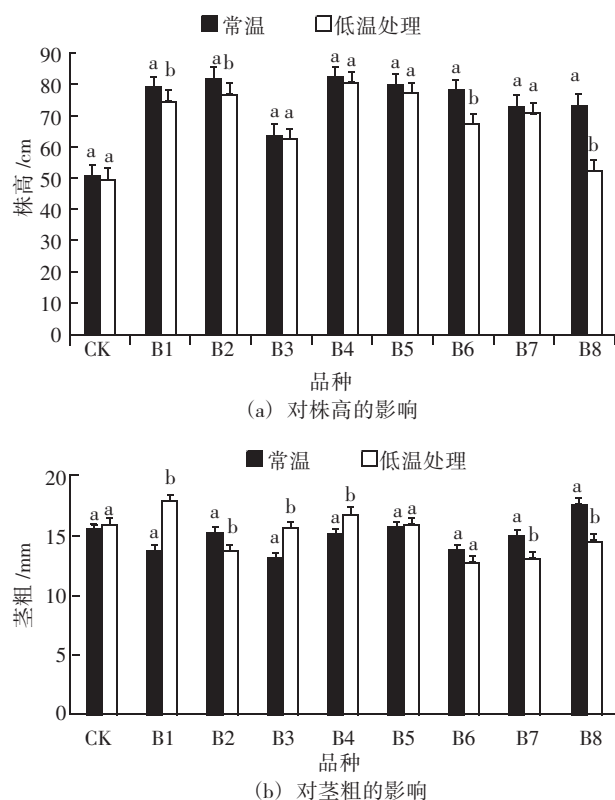


图 1 苗期自然低温对不同基因型番茄植株生长发育的影响

了对环境的适应能力; B2、B7、B8 低温处理较常温处理均有不同程度的降低, 且差异均达显著水平。其中以 B8 下降幅度最大, 低温处理较常温处理细 0.32 mm。

2.4 苗期自然低温对成株期番茄坐果率和畸形果发生的影响

番茄苗期遭遇低温, 可以降低成株期的坐果率, 并使子房发育畸形, 最后形成畸形果。由表 3 可见, B8 第 1 花序坐果率和第 2 花序坐果率在常温条件和低温条件下均无显著变化, 畸形果率也均无显著变化, 表明 B8 耐低温性较好。在低温处理下, B1 的第 1 花序坐果率较常温处理降低了 21.4 百分点, 畸形果率较常温处理增加了 25.2 百分点; 第 2 花序坐果率降低了 24.8 百分点, 畸形果率增加了 10.1 百分点, 差异均达显著水平。B2、B3、B5、B6 在常温条件和低温条件下变化较小, 第 1 花序坐果率低温处理较常温处理略有增加, 增幅分别为 1.0、0.7、1.0、3.8 百分点, 畸形果率低温处理较常温处理分别增加了 -5.1、7.7、3.1、3.4 百分点; 第 2 花序坐果率低温处理较常温处理有小幅降低, 降幅分别为 6.7、3.8、7.1、0.1 百分点, 畸形果率低温处理较常温处理分别增加了 0、2.4、3.8、-1.9 百分点。CK、B4、B7 在常温条件和低温条件下变化较大, 第 1 花序坐果率低温处理较常温处理分别降低了 12.4、15.2、23.1 百分点, 畸形果率低温处理较常温处理分别增加了 3.1、24.6、11.8 百分点; 第 2 花序坐果率低温处理较常温处理分别下降了 13.3、7.8、7.6 百分点, 畸形果率低温处理较常温处理分别增加了 1.4、

6.5、4.3 百分点。

3 讨论与结论

低温是制约蔬菜生产的重要因素, 持续低温会使蔬菜产量和品质下降, 缩短蔬菜供应的时间。北方早春露地栽培中, 会出现不间断的极端低温天气, 蔬菜冻害情况时有发生。低温会影响番茄的全生育期, 造成营养生长缓慢, 植株矮小, 叶片数减少, 开花数变少脱落, 产生畸形花, 坐果率降低, 提前衰老等。孙守如等^[11]对不同品种的西葫芦幼苗进行低温处理, 幼苗叶面积以及干重均出现不同程度的下降, 并且随处理时间不同下降幅度也不同。王丽娟等^[12]对番茄幼苗进行了 6℃低温处理, 结果表明, 幼苗的株高以及干物质积累量显著降低。张晓旭等^[13]研究表明, 低温下番茄叶片光系统受损, 光合作用下降, 光合同化产物减少。番茄 6~7 片真叶时, 前三花序花芽分化已完成, 每个花序的花数已成型, 这一时期环境因子的调控对番茄早期产量、商品性影响较大, 如遇低温畸形果明显增多^[14]。

我们对不同基因型番茄苗期低温胁迫进行试验的结果表明, 低温(15℃)使部分基因型番茄材料, 如华美 168、舒伯特、奥锦 3 号、对照材料 7673 种子的发芽率降低, 延长了发芽时间, 其余基因型番茄材料的发芽率和发芽指数变化不明显。不同基因型供试番茄材料苗期对低温(4℃)反应不同, 表现出较大差异, 其中以 LA3969 耐寒性最好, 冷害指数为 5.0, 较对照材料 7673 降低 91.4%; SYT-21 耐寒性次之, 冷害指数为 8.3, 较对照材料 7673 降低 85.8%; 德奥特 7845 耐寒性较

表 3 苗期自然低温对不同基因型番茄材料结果的影响

品种	第1花序坐果率/%		第1花序畸形果率/%		第2花序坐果率/%		第2花序畸形果率/%	
	常温	低温	常温	低温	常温	低温	常温	低温
CK	70.2 a	57.8 b	20.0 a	23.1 a	51.9 a	38.6 b	14.3 a	15.7 a
B1	81.0 a	59.6 b	4.0 a	29.2 b	56.3 a	31.5 b	7.0 a	17.1 b
B2	78.0 a	79.0 a	8.6 a	3.5 b	89.3 a	82.6 b	0 a	0 a
B3	62.3 a	63.0 a	11.3 a	19.0 b	45.6 a	41.8 a	8.4 a	10.8 a
B4	61.3 a	46.1 b	24.1 a	48.7 b	38.2 a	30.4 b	8.2 a	14.7 b
B5	83.0 a	84.0 a	0 a	3.1 a	80.6 a	73.5 b	0 a	3.8 b
B6	59.3 a	63.1 a	5.8 a	9.2 b	58.4 a	58.3 a	8.0 a	6.1 a
B7	74.4 a	51.3 b	10.6 a	22.4 b	41.6 a	34.0 b	0 a	4.3 b
B8	61.2 a	58.8 a	17.0 a	19.0 a	56.7 a	58.2 a	7.3 a	8.0 a

好,冷害指数为 11.7,较对照材料 7673 降低 79.9%。田间自然低温对番茄植株生长速度、开花、结果均造成不同程度的影响,各供试番茄材料的株高均有不同程度的降低,其中 SYT-21、华美 168、德奥特 7845、LA3969 差异均达显著水平,其余材料变化不明显。各供试番茄材料的茎粗变化不尽相同,对照材料 7673、JX-701、德奥特 7845 的茎粗低温处理与常温处理相比没有发生显著变化,其余材料差异均达显著水平,其中 SYT-21、CZ-14、舒伯特的茎粗低温处理较常温处理分别增粗 0.41、0.24、0.16 mm,差异显著,这可能是低温处理促使植株增强了对环境的适应能力。华美 168、奥锦 3 号、LA3969 的茎粗低温处理较常温处理均有不同程度的变细,且差异均达显著水平,其中以 B8 下降幅度最大,低温处理较常温处理细 0.32 mm。从总体分析看出,番茄材料 LA3969 耐低温综合能力最强,德奥特 7845 综合表现较好,其次是 JX-701 和华美 168,其余材料耐低温综合能力表现一般,对照材料 7363 表现最差。

从本试验结果看,番茄材料 SYT-21 低温下发芽指数较高,苗期耐寒性较好,但经苗期自然低温处理后其第 2 花序坐果率明显下降,畸形果率明显增多,可能是由于低温影响了花芽分化,而造成畸形花产生。JX-701 苗期耐寒性较差,但经过自然低温后坐果率仍然较高,无较大影响,其余基因型供试番茄材料在低温下的发芽率及坐果率与其耐寒性呈正相关,据此可以认为,苗期的耐寒性可以代表成株期的耐寒性。番茄苗期的营养生长直接影响到后期的生殖生长,优质的番茄幼苗是丰产的基础,因此生产中要充分注意苗期温度管理,尤其是要加强番茄第 2~3 片真叶展开期的温度管理,从而有效减少番茄畸形果的产生,增加番茄坐果率^[15]。对温度敏感的品种,更要充分考虑品种的特性,选择适宜的播期^[16]。不同基因型番茄材料对低温的反应是不同的,果实的大小、数量以及外观直接影响番茄最终的产量和品质。

今后需加强以自然低温为主要逆境的研究,结合实验室人工低温鉴定,搞清番茄苗期植株耐冷性与成株期果实发育耐受性的关系,建立耐低温的鉴定方法和标准。选育耐低温能力强的番茄

新品种将是今后工作的重点。

参考文献:

- [1] 于红,官志宏,李春,等. 夜间低温对温室番茄及黄瓜苗期生长的影响[J]. 北方园艺, 2017(3): 56-60.
- [2] 王文杰,张国凤,李军. 低温胁迫对叶菜类观赏蔬菜抗寒性生理指标的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2012, 4(3): 347-354.
- [3] 王孝宣,李树德,东惠茹,等. 低温胁迫对番茄苗期和花期若干性状的影响[J]. 园艺学报, 1996, 23(4): 349-354.
- [4] 王富. 番茄 (*Lycopersicon esculentum*) 耐低温研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2000.
- [5] 周青,王纪忠,陈新红. 持续低温对黄瓜幼苗形态和生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2010(16): 1-3.
- [6] 田丹青,葛亚英,潘刚敏,等. 低温胁迫对 3 个红掌品种叶片形态和生理特性的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(6): 1173-1179.
- [7] 韩娅楠,米国全,史艳艳,等. 低温对野生番茄和栽培番茄叶片抗氧化代谢和碳同化的影响[J]. 华北农学报, 2018, 33(3): 153-158.
- [8] 李天来,王平,须晖,等. 苗期夜温对番茄畸形果发生的影响[J]. 中国蔬菜, 1997(1): 1-6.
- [9] 李俊,李建明,曹凯,等. 西北地区设施农业研究现状及存在的问题[J]. 中国蔬菜, 2013(6): 24-29.
- [10] 赵云霞,杨文霞,裴红霞,等. 宁夏设施番茄主栽品种芽期和苗期抗寒性评价[J]. 中国农学通报, 2019, 35(32): 42-45.
- [11] 孙守如,朱磊,张菊平,等. 低温胁迫对不同西葫芦品种幼苗生长与生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2008(11): 2292-2298.
- [12] 王丽娟,李天来,李国强,等. 夜间低温对番茄幼苗光合作用的影响[J]. 园艺学报, 2006, 33(4): 757-761.
- [13] 张晓旭,叶景学,侯杰,等. 夜间低温对樱桃番茄叶片氧化活性的影响[J]. 东北农业科学, 2017(2): 39-43.
- [14] 林多,魏毓棠,王世刚. 番茄耐低温研究进展[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(6): 585-589.
- [15] 耿广东,程智慧,张素勤. 低温发芽鉴定茄子耐冷性的研究[J]. 种子, 2006(6): 43-46.
- [16] 冯双庆. 冷害温度下番茄氨基酸含量的变化[J]. 园艺学报, 1995, 22(1): 95-96.