

## 移栽技术对烤烟生长发育和产质量的影响

何永秋, 张少搏, 柏凌志, 安然, 宁海峰, 曾惠宇, 蒋皓 (湖南省烟草公司衡阳市公司常宁市分公司, 湖南常宁 421500)

**摘要** 开展了膜下小苗移栽(CK)与水旱两段式育苗移栽在大田的对比试验, 研究水旱两段式育苗移栽处理对烤烟生长发育及品质的影响。在该试验条件下, 两段式育苗处理在推迟 12 d 移栽的情况下, 团棵期仅推迟 5 d, 其他生育期仅推迟 1 d, 但大田生育期缩短 11 d 左右。两段式育苗移栽处理的团棵期株高较对照略矮, 但后期具有生长优势, 株高反而增加, 但两者相差不大。与对照相比, 两段式育苗处理花叶病发生略轻一些。两段式育苗移栽处理产量较对照增加 76.95 kg/hm<sup>2</sup>, 增产 3.9%; 产值较对照增加 7 004.55 元/hm<sup>2</sup>, 增加 17.8%; 均价较对照增加 2.7 元/kg, 增加 13.5%; 上等烟比例为 31.41%, 较对照高 6.94 个百分点, 中上等烟比例为 88.17%, 较对照增加 5.6 个百分点。两段式育苗移栽处理烤后橘黄烟比例较多, 达到 79.99%, 较对照高 2.88 个百分点; 青杂比例比较少, 其中青黄烟比例为 0, 杂色比例仅 8.79%, 较对照减少 6.06 个百分点。与对照相比, 两段式育苗移栽处理的还原糖和淀粉含量有所下降, 总植物碱和钾含量略有升高, 其他化学成分含量基本维持不变。

**关键词** 两段式育苗; 农艺性状; 产值; 品质; 烤烟

中图分类号 S572 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)23-0025-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.23.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Effects of Different Transplanting Techniques on Growth, Yield and Quality of Flue-cured Tobaccos

HE Yong-qiu, ZHANG Shao-bo, BAI Ling-zhi et al (Changning Branch, Hengyang Company of Hunan Tobacco Company, Changning, Hunan 421500)

**Abstract** The effects of floating seedling transplanting and two-stage seedling transplanting on the growth and quality of flue-cured tobacco were carried out. When the transplanting of two-stage seedling was delayed for 12 d, the cluster stage was delayed for about 5 d, the other growth stages were delayed for about 1 d, but the field growth period was shortened for about 11 d. The plant height of the two-stage seedling transplanting was slightly lower than the control treatment, but it had growth advantage in the later stage, and the plant height increased, but the difference was not significant. Compared with the control treatment, the incidence of mosaic disease in two-stage seedling treatment was slightly lighter. Compared with the control treatment, the yield of two-stage seedling transplanting increased by 76.95 kg/hm<sup>2</sup>, increased by 3.9%; the output value increased by 7 004.55 yuan/hm<sup>2</sup>, increased by 17.8%; the average price increased by 2.7 yuan/kg (13.5%); the proportion of superior tobacco was 31.41%, increased by 6.94 percentage points, the proportion of middle and superior tobacco was 88.17%, increased by 5.6 percentage points. After two-stage seedling transplanting, the proportion of yellow smoke was more, reaching 79.99%, which was 2.88 percentage points higher than that of the control. The proportion of green and yellow smoke was 0, and the proportion of variegated smoke was only 8.79%, which was 6.06 percentage points lower than that of the control. Compared with the control, the contents of reducing sugar and starch decreased, the contents of total alkaloid and potassium increased slightly, and the contents of other chemical components remained unchanged.

**Key words** Two-stage seedling; Agronomic traits; Output value; Quality; Flue-cured tobaccos

漂浮育苗是我国目前烟叶生产上普遍采用的育苗方式<sup>[1-2]</sup>, 可以实现烟叶育苗的规模化和集约化。然而在湘南烟区应用的过程中, 育苗期间受低温影响, 容易产生弱苗, 烟苗移栽之后还苗期长, 烟苗成活率不高。近年来, 膜下小苗移栽技术与水旱两段式育苗移栽技术是解决这一难题的 2 种方法, 膜下小苗移栽技术利用地膜覆盖的优势, 可以实现良好保温保水效果, 促进移栽后迅速还苗, 缩短移栽期<sup>[3-4]</sup>。水旱两段式育苗移栽技术结合了漂浮育苗与托盘育苗的优势, 烟苗移栽时苗壮、苗齐, 移栽后还苗期短, 深受广大烟农的欢迎<sup>[5-6]</sup>。一些学者开展了漂浮育苗与两段式育苗的对比试验, 不过这些研究集中在 2 种育苗方式对成苗素质的对比<sup>[7-8]</sup>, 而关于膜下小苗移栽与两段式育苗移栽相关对比试验却鲜见报道。鉴于此, 笔者开展了膜下小苗移栽(CK)与水旱两段式育苗移栽在大田的对比试验, 研究不同处理对烤烟生长发育及品质的影响, 旨在为 2 种移栽方式在生产上的推广应用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料 供试材料为云烟 87。

**作者简介** 何永秋(1987—), 男, 湖南益阳人, 农艺师, 硕士, 从事烟叶生产技术推广与科研工作。

**收稿日期** 2021-04-05

**1.2 试验设计** 试验在湖南衡阳常宁市三角塘石岭村进行, 试验田地势平坦, 地力较为均匀, 规模连片较好, 而且 2017—2019 年没有进行过肥料试验。小区试验设 2 个处理, 同田对比。T 处理为水旱两段式育苗移栽, 3 月 18 日左右移栽, 不盖膜; CK 为常规漂浮育苗移栽, 3 月 6 日左右移栽, 盖膜。2 个处理除了移栽方式和时间不一致以外, 其他大田管理按照当地优质烟生产技术管理。

### 1.3 烟田管理方法

**1.3.1 施肥方法。** 严格按照当地习惯施肥方法进行, 试验肥料均用当地大面积推广使用的套餐肥料。

**1.3.2 移栽管理。** 烟苗移栽时精细选苗, 选择个体素质好、生长均匀一致的壮苗, 各田块烟苗大小、高矮、强弱一致, 每个田块烟苗定植规格(株、行距)、苗数和移栽操作方法完全相同。烟苗随移、随栽, 保证全苗。试验烟田覆盖地膜。

**1.3.3 田间管理。** 烟苗移栽后, 每个田块的田间管理, 如施肥、中耕培土、灌溉排水、打顶抹杈、防病治虫等措施保持一致, 以避免管理差异带来试验误差。

### 1.4 测定项目调查记载

**1.4.1 移栽成活率调查。** 分别记录各处理的移栽成活率。

**1.4.2 主要生育期记载。** 分别记录各处理的移栽期、团棵

期、旺长期、现蕾期、封顶期、脚叶成熟期、腰叶成熟期和顶叶成熟期以及全田生育期的时间。

**1.4.3 农艺性状调查。**在团棵期、旺长期、打顶后 10 d,各处理随机选取 5 株有代表性的烟株,观察测定株高、茎围、叶片数、节距、最大叶长和叶宽等。

**1.4.4 病害发生情况调查。**在烤烟大田生长期,各处理分别进行常见病害系统调查并计算病情指数。

**1.4.5 经济性状调查。**各处理烟叶在正常成熟时分别采收,按照同一标准进行分级、交售。统计各处理烤烟的经济性状,包括产量、产值、均价、上等烟比例<sup>[9]</sup>。

**1.4.6 烟叶品质分析。**分别选取各处理有代表性中部烟叶

1 kg,进行常规化学成分分析、物理外观检测和感官质量评价。

**1.4.7 经济效益分析。**从管理成本、经济收益等多个方面分析两段式育苗处理的投入/产出比,确定其经济效益。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对移栽时烟苗素质的影响** 分别于 3 月 6 和 17 日对烟苗素质进行考查,结果见表 1。3 月 6 日烟苗素质考查表明,漂浮育苗处理(CK)株高和鲜重大于两段式育苗处理(T 处理),但对茎围和干重比 T 处理低。3 月 17 日考查结果与 3 月 6 日考查结果基本一致。

表 1 不同处理对移栽时烟苗素质的影响

Table 1 Effects of different treatments on the tobacco seedling quality during transplanting

日期 Date	处理编号 Treatment code	株高 Plant height cm	真叶数 Euphylla number	剪叶数 Number of cutting leaves	绿叶数 Green leaf number	茎围 Stem girth mm	10 株苗鲜重 Fresh weight per 10 plants//g	10 株苗干重 Dry weight per 10 plants//g
03-06	CK	5.96	6.5	1.6	4.9	9.28	56.23	6.18
	T	3.58	7.0	4.2	4.9	10.79	53.83	8.08
03-17	CK	8.30	6.8	2.8	4.5	13.20	65.95	7.58
	T	6.29	7.3	3.7	5.2	14.89	77.81	12.14

**2.2 不同处理对烟株大田生育期的影响** 由表 2 可知,各处理于 2019 年 12 月 14 日播种,1 月 10 日出苗,两段式育苗处理(T 处理)于 2020 年 3 月 18 日移栽,苗期 95 d,较对照长 15 d。①团棵期。两段式育苗处理(T 处理)于 4 月 24 日进入团棵期,较对照推迟 5 d。②现蕾期。两段式育苗处理(T 处理)于 5 月 6 日进入现蕾期,较对照推迟 1 d。③脚叶成熟期和顶叶成熟期。两段式育苗处理(T 处理)脚叶成熟期为 5

月 31 日,较对照推迟 1 d;顶叶成熟期为 7 月 18 日,较对照推迟 1 d。④大田生育期。两段式育苗处理(T 处理)的大田生育期为 122 d,较对照减少 11 d。

总体结果表明,在该试验条件下,两段式育苗处理在推迟 12 d 移栽的情况下,团棵期仅推迟 5 d,其他生育期仅推迟 1 d 左右,表明采用两段式育苗对主要生育期的影响不大,但大田生育期会缩短 11 d 左右。

表 2 不同处理对烟株主要生育期的影响

Table 2 Effects of different treatments on the major growth periods of tobacco plants

处理编号 Treatment code	播种期 Sowing date	出苗期 Seedling emergency date	假植期 Provisional planting date	成苗期 Seedling mature date	移栽期 Transplanting date	团棵期 Resettling date	现蕾期 Budding date	中心花 开放期 Central flowering date	脚叶 成熟期 Mature date of foot leaf	顶叶 成熟期 Mature date of top leaf	苗期天数 Days of seedling stage//d	大田生育期 Field growth period//d
CK	12-14	01-10	—	03-03	03-06	04-19	05-05	05-10	05-30	07-17	80	133
T	12-14	01-10	02-09	03-18	03-18	04-24	05-06	05-11	05-31	07-18	95	122

## 2.3 不同处理对烟株主要农艺性状的影响

**2.3.1 株高。**团棵期和终采期株高统计结果见表 3。由表 3 可知,两段式育苗处理的团棵期株高为 19.74 cm,较对照矮 2.73 cm。两段式育苗终采期株高为 57.93 cm,较对照高 2.45 cm。方差分析表明,两段式育苗团棵期株高较对照略矮,但后期有生长优势,株高反而增加,2 个处理之间差异不明显。

**2.3.2 叶数。**由表 4 可知,两段式育苗处理与对照在团棵期和终采期叶片数相差不大。两段式育苗处理的有效叶数为 14.60 片,较对照少 1.03 片。

**2.3.3 茎围。**不同处理团棵期和终采期茎围见表 5。由表 5 可知,团棵期两段式育苗处理的茎围为 5.17 cm,较对照小 0.15 cm,但终采期茎围为 8.02 cm,较对照大 0.21 cm。

**2.3.4 节距。**烟叶采收完毕后对节距进行测量。测量方法

是在茎秆 1/3 处,分别向上和向下测量 5 个节距,对所测结果进行统计分析,结果见表 6。由表 6 可知,两段式育苗处理和对照的节距分别为 4.21 和 3.71 cm,两者相差 0.50 cm。

表 3 不同处理对团棵期和终采期株高的影响

Table 3 Effects of different treatments on the plant heights at rosette stage and final harvesting date

处理编号 Treatment code	团棵期 Rosette stage		终采期 Final harvesting stage	
	株高 Plant height cm	极差 Range	株高 Plant height cm	极差 Range
CK	22.47±2.22	11.10	55.48±5.58	24.60
T	19.74±3.10	11.90	57.93±9.10	42.20

**2.3.5 叶面积。**由表 7 可知,两段式育苗处理的叶面积为 1 197.3 cm<sup>2</sup>,较对照少 5.1 cm<sup>2</sup>,两者相差不大。

表 4 不同处理对团棵期和终采期叶片数的影响

Table 4 Effects of different treatments on the leaf number at rosette stage and final harvesting date

处理编号 Treatment code	团棵期 Rosette stage		有效叶 Final harvesting date	
	叶片数 Leaf number	极差 Range	叶片数 Leaf number	极差 Range
CK	12.33±1.30	5.0	15.63±1.07	3.0
T	12.53±0.90	3.0	14.60±1.28	6.0

表 5 不同处理对采收后茎围的影响

Table 5 Effects of different treatments on the stem girth after harvesting

处理编号 Treatment code	团棵期 Rosette stage		终采期 Final harvesting date	
	茎围 Stem girth	极差 Range	茎围 Stem girth	极差 Range
CK	5.32±0.44	1.83	7.81±0.55	2.23
T	5.17±0.46	1.68	8.02±0.41	1.65

2.4 不同处理对烟叶经济性状的影响 由表 8 可知,从产

表 7 不同处理对腰叶叶面积的影响

Table 7 Effects of different treatments on the leaf area of waist leaves

处理编号 Treatment code	叶面积 Leaf area	最大值	最小值	标准差	平均数
		Maximum value	Minimum value	Standard deviation	Average
CK	1 202.4	519.8	134.7	835.7	16.1
T	1 197.3	528.5	127.4	823.1	15.5

表 8 不同处理对烤烟经济性状和等级比例的影响

Table 8 Effects of different treatments on the economic characters and leaf class proportions of flue-cured tobaccos

处理编号 Treatment code	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	产值 Output value 元/hm <sup>2</sup>	均价 Average price 元/kg	上等烟比例	中等烟比例	下等烟比例	中上等烟比例
				Proportion of upper-class tobaccos//%	Proportion of middle-class tobaccos//%	Proportion of lower-class tobaccos//%	Proportion of middle and upper-class tobaccos//%
CK	1 971.30	39 349.50	19.95	24.47	58.10	17.43	82.57
T	2 048.25	46 354.05	22.65	31.41	56.76	11.83	88.17

2.5 不同处理对烟叶烘烤质量的影响 由表 9 可知,两段式育苗处理的橘黄烟比较多,比例达 79.99%,比对照高 2.88 个百分点;柠檬黄烟的比例次之,为 9.52%;青杂烟比例比较少,其中青黄烟比例为 0,杂色比例仅 8.79%,较对对照减少 6.06 个百分点。

2.6 不同处理对烟株病害的影响 烟株生长过程中对病害进行观察记载,各小区黑胫病、青枯病、各种叶斑病等均较少发生,主要是普通花叶病,病情指数计算公式为  $DI = X(T - H)/T$ 。式中,DI 为病情指数; $X$  为百株中的病株数; $T$  为单株留叶数; $H$  为每株无症叶平均数。从表 10 可以看出,2 个处

量来看,两段式育苗处理的产量为 2 048.25 kg/hm<sup>2</sup>,较对照增加 76.95 kg/hm<sup>2</sup>,增产 3.9%。从产值来看,两段式育苗处理的产值为 46 354.05 元/hm<sup>2</sup>,较对照增加 7 004.55 元/hm<sup>2</sup>,增加 17.8%。从均价来看,两段式育苗处理的均价为 22.65 元/kg(加补贴),较对照增加 2.70 元/kg,增加 13.5%。从等级比例来看,两段式育苗处理的上等烟比例为 31.41%,较对照高 6.94 百分点,中上等烟比例为 88.17%,较对照增加 5.6 百分点。

表 6 不同处理对烟株终采期节距的影响

Table 6 Effects of different treatments on the node distance of tobacco plants at final harvesting stage

处理编号 Treatment code	最大值	最小值	标准差	平均	变异系数
	Maximum value cm	Minimum value cm	Standard deviation cm	Average cm	Variable coefficient %
CK	6.2	2.6	0.72	3.71	19.34
T	6.5	2.5	0.83	4.21	19.67

表 10 不同处理对烟株花叶病病情的影响

Table 10 Effects of different treatments on the disease situation of CMV

处理编号 Treatment code	调查株数 Number of investigated plants	发病株数 Number of infected plants	百株病株数( $X$ ) Diseased plants per 100 plants	单株留叶数( $T$ ) Remained leaves per plant	病株无症叶总数 No disease leaves of diseased plants	病株每株无症叶数( $H$ )	病情指数 Disease index
						No disease leaves per diseased plants	
CK	432	42	9.7	15.6	294	7.00	5.37
T	432	27	6.3	14.6	240	8.89	2.44

2.7 不同处理对烟叶化学成分的影响 烘烤后每个处理取

理均有花叶病发生,其中两段式育苗处理和对照的病情指数分别为 2.44 和 5.37,表明两段式育苗处理的花叶病发生略轻。

表 9 不同处理对烟叶烘烤质量的影响

Table 9 Effects of different treatments on the baking quality of tobacco leaves

处理编号 Treatment code	比例 Proportion			
	青黄烟 Bluish yellow	橘黄烟 Orange	柠檬黄烟 Lemon yellow	杂色烟 Mixed color
CK	0.33	77.11	4.70	14.85
T	0	79.99	9.52	8.79

原烟 C3F 进行化学成分分析,结果如表 11 所示。由表 11 可

知,与CK相比,T处理的还原糖和淀粉含量有所下降,总植物碱和钾含量略有升高,其他化学成分含量基本维持不变。

表 11 不同处理对烟叶化学成分比例的影响

Table 11 Effects of different treatments on the chemical component proportions of tobacco leaves

处理编号 Treatment code	还原糖 Reducing sugar	总糖 Total carbohydrate	总植物碱 Total vegetable alkaloid	总氮 Total N	钾 K	氯 Cl	淀粉 Starch
CK	22.8	27.6	2.08	1.67	1.91	0.40	10.60
T	19.0	27.6	2.46	1.65	2.00	0.37	7.49

### 3 结论与讨论

在该试验条件下,两段式育苗在推迟 12 d 移栽的情况下,团棵期仅推迟 5 d 左右,其他生育期仅推迟 1 d 左右,表明两段式育苗处理对主要生育期的影响不大,但大田生育期会缩短 11 d 左右,这是由于两段式育苗移栽的还苗比膜下小苗移栽更快。两段式育苗处理团棵期农艺性状数据较对照小,但后期具有生长优势,农艺性状反而增加;方差分析表明,2 个处理之间差异不明显。两段式育苗处理和对照均有花叶病发生,病情指数分别为 2.44 和 5.37,表明两段式育苗处理花叶病发生略轻一些,这与李安等<sup>[10]</sup>研究结论类似,说明两段式育苗移栽能在一定程度上降低病虫害的发生,后期生长发育劲头更足的优势。与膜下小苗移栽相比,两段式育苗移栽的产量与产值更优、烤后烟叶外观质量更好,说明两段式育苗移栽方式经济性优势更大。与膜下小苗移栽相比,两段式育苗移栽处理的还原糖和淀粉含量下降,总植物碱和钾含量略有升高,化学成分含量基本维持不变,说明两段式育苗移栽烤后烟叶内在质量优势不

明显。总体来看,两段式育苗移栽技术略优于膜下小苗移栽技术。

### 参考文献

- [1] 聂新柏,胡日生,张大伟. 烤烟漂浮育苗技术的研究[J]. 湖南烟草,2002(6):33-35.
- [2] 刘建利. 我国烤烟育苗新技术及发展方向[J]. 中国烟草科学,2000,21(2):45-46.
- [3] 杨茹芬. 烟叶膜下小苗移栽技术研究[J]. 南方农机,2020,51(12):59,95.
- [4] 李建芬,李丽华,马君红,等. 膜下小苗移栽对烤烟生长发育及产质量的影响[J]. 安徽农业科学,2017,45(32):14-16.
- [5] 方腾. 烤烟二段式漂浮育苗炼苗方式研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(15):47-48.
- [6] 王可,李安,姜宝迪,等. 油菜壳覆盖烟垄在烟草水旱两段式育苗上的应用研究[J]. 安徽农业科学,2020,48(10):21-23,26.
- [7] 张义志,孔凡玉,黄建,等. 水旱两段式育苗技术对烤烟成苗素质的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(1):67-69.
- [8] 曾淑华,熊成文,胡永龙,等. 烤烟二段式少基质漂浮育苗对烟苗素质的影响[J]. 贵州农业科学,2012,40(10):36-37,40.
- [9] 田金云,李世金,杨悦章. 施用烟草专用复混肥及增施有机肥对烤烟生长的影响[J]. 安徽农学通报,2020,26(6):124-125,172.
- [10] 李安,王可,姜宝迪,等. 水旱两段式育苗与漂浮育苗在烟草上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2020(3):23-24.
- [39] 蒋明敏,徐晟,夏冰,等. 干旱胁迫下外源氯化钙、水杨酸和一氧化氮对大蒜抗旱性的影响[J]. 植物生理学报,2012,48(9):909-916.
- [40] 刘杰,杨絮茹,周蕴薇. 水杨酸浸种处理对黑麦草种子萌发及幼苗抗旱性的影响[J]. 草业科学,2011,28(4):582-585.
- [41] SINGH B, USHA K. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress[J]. Plant growth regulation, 2003,39(2):137-141.
- [42] NÉMETH M, JANDA T, HORVÁTK E, et al. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize[J]. Plant science, 2002,162(4):569-574.
- [43] ZAWOZNIK M S, GROPPA M D, TOMARO M L, et al. Endogenous salicylic acid potentiates cadmium-induced oxidative stress in *Arabidopsis thaliana*[J]. Plant science, 2007,173(2):190-197.
- [44] NOCTOR G, FOYER C H. ASCORBATE AND GLUTATHIONE: Keeping active oxygen under control[J]. Annual review of plant biology & plant molecular biology, 1998,49(1):249-279.
- [45] MITTLER R, VANDERAUWERA S, GOLLERY M, et al. Reactive oxygen gene network of plants[J]. Trends in plant science, 2004,9(10):490-498.
- [46] LIU T, LIU S Y, GUAN H, et al. Transcriptional profiling of *Arabidopsis* seedlings in response to heavy metal lead (Pb)[J]. Environmental and experimental botany, 2009,67(2):377-386.
- [47] DRAZIC G, MIHAILOVIC N. Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid[J]. Plant science, 2005,168(2):511-517.
- [48] LÓPEZ-ORENAS A, MARTÍNEZ-MORENO J M, CALDERÓN A A, et al. Changes in phenolic metabolism in salicylic acid-treated shoots of *Cistus heterophyllus*[J]. Plant cell, tissue and organ culture, 2013,113(3):417-427.
- [49] LEFÈVRE I, VOGEL-MIKUŠ K, JEROMEL L, et al. Differential cadmium and zinc distribution in relation to their physiological impact in the leaves of the accumulating *Zygophyllum fabago* L. [J]. Plant, cell & environment, 2014,37(6):1299-1320.
- [50] PARRAGA-AGUADO I, GONZALEZ-ALCARAZ M N, ALVAREZ-ROGEL J, et al. The importance of edaphic niches and pioneer plant species succession for the phytomanagement of mine tailings[J]. Environmental pollution, 2013,176:134-143.
- [51] WHITE R F. Acetylsalicylic acid (aspirin) induces resistance to tobacco mosaic virus in tobacco[J]. Virology, 1979,99(2):410-412.
- [52] RASKIN I. Role of salicylic acid in plants[J]. Annual review of plant biology, 1992,43(1):439-463.
- [53] DURRANT W E, DONG X. Systemic acquired resistance[J]. Annual review of phytopathology, 2004,42:185-209.
- [54] METRAUX J P, AHLGOY P, STAUB T H, et al. Induced systemic resistance in cucumber in response to 2,6-dichloro-isonicotinic acid and pathogens[M]//HENNECKE H, VARMA D P S. Advances in molecular genetics of plant-microbe interactions. Dordrecht; Springer, 1991:432-439.
- [55] CAO H, GLAZEBROOK J, CLARKE J D, et al. The *Arabidopsis* NPR1 gene that controls systemic acquired resistance encodes a novel protein containing ankyrin repeats[J]. Cell, 1997,88(1):57-63.
- [56] KINKEMA M, FAN W H, DONG X N. Nuclear localization of NPR1 is required for activation of PR gene expression[J]. The plant cell, 2000,12(12):2339-2350.
- [57] WALLY O, JAYARAJ J, PUNJA Z K. Broad-spectrum disease resistance to necrotrophic and biotrophic pathogens in transgenic carrots (*Daucus carota* L.) expressing an *Arabidopsis* NPR1 gene[J]. The Planta, 2009,231(1):131-141.
- [58] SRINIVASAN T, KUMAR K R R, MEUR G, et al. Heterologous expression of *Arabidopsis* NPR1 (*AtNPR1*) enhances oxidative stress tolerance in transgenic tobacco plants[J]. Biotechnology letters, 2009,31(9):1343-1351.
- [59] CAO H, BOWLING S A, GORDON A S, et al. Characterization of an *Arabidopsis* mutant that is nonresponsive to inducers of systemic acquired resistance[J]. The plant cell, 1994,6(11):1583-1592.

(上接第 24 页)