

时丕彪,李亚芳,耿安红,等.不同砧木嫁接对西瓜生长、品质及产量的影响[J].江苏农业科学,2019,47(24):121-124.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.0

不同砧木嫁接对西瓜生长、品质及产量的影响

时丕彪,李亚芳,耿安红,费月跃,王春云,彭亚民,顾闽峰,王 军

(江苏省盐城市新洋农业试验站,江苏射阳 224049)

摘要:以西瓜品种早佳 8424 为接穗,与引进的 18 个不同砧木品种进行嫁接试验,研究不同砧木嫁接对西瓜生长、品质及产量的影响。结果表明,以 7045、利农 8 号、葫芦蒲、济公葫芦等 4 个砧木品种嫁接的西瓜综合性状较好,表现为嫁接亲和性好,田间生长势强,单瓜质量增加,果形不变,能保持西瓜原有的口感品质,在产量方面的优势更为突出,明显高于对照,可作为早佳 8424 的嫁接砧木在生产上大力推广应用。

关键词:西瓜;嫁接;砧木;生长;品质;产量

中图分类号:S651.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)24-0121-03

西瓜(*Citrullus lanatus*),是葫芦科西瓜属一年生蔓性藤本植物,是原产于非洲的一种重要园艺作物,也是全球最受消费者喜爱的鲜食水果之一^[1]。我国是最大的西瓜生产国,为世界提供了近三分之二的西瓜供应量^[2-3],同时西瓜产业发展也为我国带来巨大的经济效益^[4]。近年来,随着西瓜规模化生产和栽培面积的不断扩大,连作障碍增加了西瓜枯萎病等土传病害的发生率,严重影响了西瓜植株的生长发育^[5]。西瓜枯萎病是由尖孢镰刀菌引起的一种西瓜毁灭性病害^[6],重茬地发病率普遍较高,严重时可导致绝产,极大地限制了西瓜产业的持续健康发展。

目前,嫁接是控制西瓜土传病害的最有效措施^[7]。通过嫁接换根技术,还能增强西瓜对冷^[8]、盐^[9]、涝^[10]、碱^[11]的耐性以及耐氮^[12]、磷^[13]、钾^[14]等矿物质元素的吸收。因此,嫁接是目前世界上广泛应用的一种提高西瓜对生物胁迫和非生物胁迫抗性的方法。而砧木的选择对提高嫁接成活率,保障西瓜产量和品质起着至关重要的作用。在生产上,葫芦和南瓜常被用作西瓜嫁接砧木^[5],但不同砧木品种对西瓜植株生长和果实发育影响不同。本研究以西瓜品种早佳 8424 为接穗,结合嫁接西瓜生产中存在的实际问题,引进 18 个不同的砧木品种进行嫁接试验,旨在研究不同砧木嫁接对西瓜生长、品质及产量的影响,以期筛选出适合早佳 8424 嫁接的优良砧木并在生产上大力推广应用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

收稿日期:2018-10-31

基金项目:江苏现代农业(蔬菜)产业技术体系(盐城)推广示范基地(编号:JATS[2018]138);苏北科技专项(编号:BN2016147);江苏沿海地区农业科学研究所科研基金(编号:YHS201706)。

作者简介:时丕彪(1989—),男,山东菏泽人,硕士,研究实习员,主要从事作物遗传育种及新品种选育研究。E-mail:1032175660@qq.com。

通信作者:王 军,助理研究员,主要从事设施栽培技术及园艺作物新品种选育研究。Tel:(0515)82600928;E-mail:2591855254@qq.com。

供试砧木品种共 18 个,包含 8 个葫芦砧木和 10 个南瓜砧木,其中引种于山东省的有 7 份,浙江省 7 份,山西省 2 份,广东省 2 份,具体的砧木品种编号、名称、类型及来源详见表 1。西瓜接穗品种为早佳 8424,以其自根苗作为对照(记为 W)。

表 1 参试西瓜砧木品种名称及来源

| 品种编号 | 品种名称 | 砧木类型 | 种子来源 |
|------|----------|------|--------|
| HL1 | 青佳砧葫 | 葫芦 | 山东省寿光市 |
| HL2 | 亚腰葫芦小兵 | 葫芦 | 山东省寿光市 |
| HL3 | 亚腰葫芦 | 葫芦 | 山东省寿光市 |
| HL4 | 三江葫芦 | 葫芦 | 浙江省杭州市 |
| HL5 | 菜葫芦圆里 | 葫芦 | 山东省寿光市 |
| HL6 | 济公葫芦 | 葫芦 | 浙江省杭州市 |
| HL7 | 葫芦蒲 | 葫芦 | 浙江省绍兴市 |
| HL8 | 甬砧 1 号 | 葫芦 | 浙江省宁波市 |
| NG1 | 日本雪松 F1 | 南瓜 | 山东省寿光市 |
| NG2 | 日本根力神 F1 | 南瓜 | 山东省寿光市 |
| NG3 | 翠栗 2 号 | 南瓜 | 浙江省杭州市 |
| NG4 | 思壮 10 号 | 南瓜 | 浙江省宁波市 |
| NG5 | 7045 | 南瓜 | 浙江省宁波市 |
| NG6 | 日本力士 F1 | 南瓜 | 山东省寿光市 |
| NG7 | 日本甜栗 F1 | 南瓜 | 山西省晋中市 |
| NG8 | 短蔓大圣冠 | 南瓜 | 山西省晋中市 |
| NG9 | 利农 8 号 | 南瓜 | 广东省汕头市 |
| NG10 | 广丰蜜本 | 南瓜 | 广东省广州市 |

1.2 试验设计

试验于 2018 年在江苏省盐城市新洋农业试验站的沿海现代农业科技创新与示范基地进行,嫁接在基地连栋温室大棚中进行,3 月 7 日播种砧木,3 月 14 日播种西瓜接穗,3 月 25 日在砧木 1 叶 1 心期、接穗子叶基本展平时,采用插接法进行西瓜嫁接。嫁接后置于塑料小拱棚中,保温保湿,前 3 d 盖遮阳网进行遮阳;第 4 天开始撤掉遮阳网,逐渐见光;第 7 天去掉拱棚膜,嫁接苗已基本成活,按常规育苗方法进行管理,并及时去除萌蘖。2 叶 1 心期将自根苗与嫁接苗定植于田间,采用完全随机区组设计,3 次重复,小区面积为 30 m²,每个小区 20 株。双蔓整枝,人工辅助授粉,每株留 2~3 个瓜。

1.3 测定项目

定植前 3 d 统计嫁接苗成活率。盛花期统计各处理的主蔓长、茎粗、第 1 雌花节位及第 10 片真叶的相对叶绿素含量。待果实成熟后,统计各小区坐果数,每个小区随机取 3 个完全成熟的西瓜果实,测定其纵径、横径、果皮厚度、单瓜质量、中心糖及边糖含量,测定小区产量,折算西瓜产量。

1.4 数据处理

用 Excel 2007 进行数据处理,用 SPSS Statistics 17 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同砧木品种对西瓜嫁接苗成活率的影响

嫁接亲和力的强弱是影响嫁接后能否成活的最重要因素,主要决定于砧木与接穗之间的亲缘关系。从表 2 可以看出,不同砧木品种与接穗之间均具有较好的嫁接亲和性,嫁接苗成活率均在 90% 以上,其中以 8 个葫芦品种 HL1 ~ HL8 及南瓜品种 NG4 为砧木的西瓜嫁接苗成活率最高,均达到 100%,以 NG6 和 NG8 为砧木的嫁接成活率最低,但也高达 92.19%,18 个砧木品种都表现出较好的嫁接亲和性。

表 2 不同砧木品种西瓜嫁接苗成活率比较

| 品种编号 | 调查总株数 (株) | 成活株数 (株) | 嫁接成活率 (%) |
|------|--------------|-------------|--------------|
| HL1 | 64 | 64 | 100 |
| HL2 | 61 | 61 | 100 |
| HL3 | 64 | 64 | 100 |
| HL4 | 60 | 60 | 100 |
| HL5 | 64 | 64 | 100 |
| HL6 | 64 | 64 | 100 |
| HL7 | 63 | 63 | 100 |
| HL8 | 63 | 63 | 100 |
| NG1 | 64 | 63 | 98.44 |
| NG2 | 64 | 62 | 96.88 |
| NG3 | 64 | 63 | 98.44 |
| NG4 | 64 | 64 | 100 |
| NG5 | 64 | 62 | 96.88 |
| NG6 | 64 | 59 | 92.19 |
| NG7 | 64 | 60 | 93.75 |
| NG8 | 64 | 59 | 92.19 |
| NG9 | 64 | 62 | 96.88 |
| NG10 | 64 | 61 | 95.31 |

2.2 不同砧木嫁接对西瓜生长指标的影响

由表 3 可以看出,不同砧木嫁接使西瓜各生长指标发生不同程度的变化。以 NG1 和 HL8 为砧木的嫁接苗主蔓长最大,分别为 292.67、283.00 cm,两者主蔓长均显著高于自根苗,而其他砧木品种的嫁接苗主蔓长与对照间差异不显著。各砧木品种西瓜嫁接苗的茎粗、第 1 雌花节位虽与对照存在一定差别,但差异均不显著。嫁接增加了西瓜叶片的相对叶绿素含量,但不同砧木处理与对照之间并无显著性差异。说明不同砧木嫁接对西瓜植株生长势影响不大。

2.3 不同砧木嫁接对西瓜果实性状的影响

西瓜果实性状调查结果如表 4 所示。从表 4 可以看出,不同砧木嫁接西瓜果实的纵径、横径均发生一定程度的变化,

表 3 不同砧木嫁接对西瓜生长指标的影响

| 品种 编号 | 主蔓长 (cm) | 茎粗 (cm) | 相对叶绿素含量 (SPAD 值) | 第 1 雌花 节位(节) |
|----------|-------------|------------|---------------------|-----------------|
| W | 201.33cdef | 0.63ab | 44.90a | 9.67a |
| HL1 | 213.00bedef | 0.60ab | 49.70a | 8.67a |
| HL2 | 245.00abcde | 0.58ab | 49.77a | 7.67a |
| HL3 | 196.33def | 0.52b | 48.63a | 9.00a |
| HL4 | 261.00abcd | 0.62ab | 50.37a | 8.33a |
| HL5 | 244.67abcde | 0.60ab | 47.00a | 8.00a |
| HL6 | 258.67abcde | 0.61ab | 49.37a | 9.00a |
| HL7 | 261.00abcd | 0.54ab | 45.17a | 10.33a |
| HL8 | 283.00ab | 0.59ab | 46.50a | 9.00a |
| NG1 | 292.67a | 0.66ab | 48.50a | 11.00a |
| NG2 | 237.00abcde | 0.61ab | 49.77a | 10.67a |
| NG3 | 234.00abcde | 0.58ab | 52.07a | 10.00a |
| NG4 | 141.67f | 0.58ab | 47.37a | 7.33a |
| NG5 | 213.67bedef | 0.61ab | 50.17a | 10.00a |
| NG6 | 216.00bede | 0.58ab | 47.73a | 11.67a |
| NG7 | 186.67ef | 0.58ab | 48.10a | 8.67a |
| NG8 | 272.00abc | 0.56ab | 50.97a | 8.67a |
| NG9 | 256.00abcde | 0.72a | 51.93a | 10.67a |
| NG10 | 185.33ef | 0.51b | 47.63a | 9.67a |

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 4 同。

但并没有改变果实的形状,均为近圆形,说明嫁接对西瓜果实的外观品质影响较小。果皮厚度之间存在一定差异,其中以 HL7 的果皮厚度最大,为 0.88 cm,NG5 的果皮厚度最小,为 0.52 cm,但各砧木处理与对照之间并无显著性差异。糖分含量分析结果显示,不同砧木的嫁接瓜中心糖含量和边糖含量均与对照没有显著性差异,说明嫁接对西瓜果实糖分含量影响不大,没有改变西瓜的口感品质。

2.4 不同砧木品种嫁接西瓜产量比较

由表 5 可知,嫁接对西瓜单瓜质量和产量的影响较大。单瓜质量方面,以 NG5 嫁接西瓜的平均单瓜质量最大,为 5.17 kg,其次为 NG9,平均单瓜质量为 4.81 kg,以 NG10 嫁接西瓜的单瓜质量最小,为 2.84 kg,各砧木品种嫁接瓜单瓜质量与对照间存在一定的差异。在 18 个砧木品种中,有 10 个砧木品种嫁接西瓜较对照增产,8 个较对照减产,其中,NG5 嫁接西瓜产量最高,折合产量达 69.66 t/hm²,比对照增产 25.58%;其次为 NG9 嫁接西瓜,折合产量为 68.11 t/hm²,比对照增产 22.78%;再次为 HL7 和 HL6 嫁接西瓜,折合产量分别达 66.48、66.35 t/hm²,分别比对照增产 19.84%、19.60%,产量最低的是 NG10 嫁接西瓜,折合产量为 39.46 t/hm²,比对照减产 28.86%。

3 结论与讨论

西瓜生产上,常采用嫁接技术来增强植株的抗逆性和生长势,从而增加西瓜产量。葫芦和南瓜具有根系发达、吸收能力强、抗病性强等优点,多被用作西瓜嫁接砧木。大量研究表明,砧木类型的选择直接影响嫁接效果,不同砧木品种嫁接对西瓜的生长发育都有不同的影响。

本试验选取了 18 个砧木品种嫁接西瓜品种早佳 8424,从嫁接亲和性、植株生长势、果实性状、品质以及产量等方面

表 4 不同砧木嫁接对西瓜果实性状的影响

| 品种编号 | 瓜纵径 (cm) | 瓜横径 (cm) | 果形指数 | 果皮厚度 (cm) | 中心糖含量 (%) | 边糖含量 (%) |
|------|-------------|-------------|-------|--------------|--------------|-------------|
| W | 20.77ab | 19.37abc | 1.07a | 0.63ab | 11.40a | 9.57ab |
| HL1 | 18.50ab | 18.20abc | 1.01a | 0.59ab | 10.43a | 10.03ab |
| HL2 | 19.43ab | 20.23abc | 0.96a | 0.66ab | 10.67a | 10.00ab |
| HL3 | 20.67ab | 20.63abc | 1.00a | 0.58ab | 10.03a | 9.40ab |
| HL4 | 19.87ab | 20.03abc | 1.00a | 0.76ab | 9.97a | 9.63ab |
| HL5 | 20.60ab | 20.57abc | 1.00a | 0.64ab | 10.50a | 9.60ab |
| HL6 | 21.53ab | 20.80ab | 1.04a | 0.81ab | 10.63a | 10.13ab |
| HL7 | 21.33ab | 20.87a | 1.02a | 0.88a | 10.23a | 9.93ab |
| HL8 | 20.57ab | 20.37abc | 1.01a | 0.72ab | 10.47a | 10.27ab |
| NG1 | 20.97ab | 19.40abc | 1.08a | 0.76ab | 9.67a | 9.23ab |
| NG2 | 18.00b | 18.40abc | 0.98a | 0.57ab | 10.87a | 10.13ab |
| NG3 | 18.43ab | 18.40abc | 1.00a | 0.72ab | 11.13a | 9.93ab |
| NG4 | 18.70ab | 17.60c | 1.06a | 0.67ab | 10.83a | 8.93b |
| NG5 | 22.70a | 20.73ab | 1.10a | 0.52b | 10.87a | 10.17ab |
| NG6 | 20.47ab | 20.87a | 0.98a | 0.67ab | 11.57a | 10.03ab |
| NG7 | 18.63ab | 18.13abc | 1.03a | 0.63ab | 10.60a | 10.30ab |
| NG8 | 21.50ab | 20.70abc | 1.04a | 0.66ab | 11.43a | 10.27ab |
| NG9 | 21.83ab | 20.30abc | 1.07a | 0.69ab | 11.27a | 11.57a |
| NG10 | 18.33ab | 17.70bc | 1.04a | 0.69ab | 11.23a | 10.60ab |

表 5 不同砧木嫁接对西瓜产量的影响

| 品种编号 | 单瓜质量 (kg) | 小区产量 (kg) | 折合产量 (t/hm ²) | 位次 | 比对照增产率 (%) |
|------|--------------|--------------|------------------------------|----|---------------|
| W | 4.17 | 166.43 | 55.48 | 11 | |
| HL1 | 3.00 | 129.82 | 43.27 | 16 | -22.00 |
| HL2 | 3.92 | 156.61 | 52.20 | 13 | -5.90 |
| HL3 | 4.65 | 184.01 | 61.34 | 5 | 10.57 |
| HL4 | 4.00 | 160.85 | 53.62 | 12 | -3.35 |
| HL5 | 4.64 | 169.67 | 56.56 | 10 | 1.95 |
| HL6 | 4.78 | 199.04 | 66.35 | 4 | 19.60 |
| HL7 | 4.72 | 199.45 | 66.48 | 3 | 19.84 |
| HL8 | 4.69 | 181.07 | 60.36 | 6 | 8.80 |
| NG1 | 4.28 | 172.12 | 57.37 | 9 | 3.42 |
| NG2 | 3.05 | 124.33 | 41.44 | 18 | -25.30 |
| NG3 | 3.43 | 139.61 | 46.54 | 14 | -16.11 |
| NG4 | 3.01 | 135.72 | 45.24 | 15 | -18.45 |
| NG5 | 5.17 | 208.99 | 69.66 | 1 | 25.58 |
| NG6 | 4.37 | 175.53 | 58.51 | 8 | 5.47 |
| NG7 | 3.18 | 127.72 | 42.57 | 17 | -23.26 |
| NG8 | 4.78 | 179.09 | 59.70 | 7 | 7.61 |
| NG9 | 4.81 | 204.33 | 68.11 | 2 | 22.78 |
| NG10 | 2.84 | 118.39 | 39.46 | 19 | -28.86 |

进行比较分析,筛选出综合性状较好的 4 个砧木品种为 7045 (NG5)、利农 8 号(NG9)、葫芦蒲 (HL7)、济公葫芦 (HL6),整体表现为嫁接亲和性好,田间生长势强,单瓜质量增加,既能保持西瓜品种原有的外观形状和口感品质,又能大大增加西瓜的产量,增幅高达 19.60% ~ 25.58%。因此这 4 个砧木品种可作为早佳 8424 等中大果形西瓜的嫁接砧木在生产上大力推广应用。

参考文献:

[1] Zhu H Y, Song P Y, Koo D H, et al. Genome wide characterization of simple sequence repeats in watermelon genome and their application

in comparative mapping and genetic diversity analysis [J]. BMC Genomics, 2016, 17(1):557.
[2] Huang Y, Zhao L Q, Kong Q S, et al. Comprehensive mineral nutrition analysis of watermelon grafted onto two different rootstocks [J]. Horticultural Plant Journal, 2016, 2(2):105 - 113.
[3] Duan Q Q, Jiang W, Ding M, et al. Light affects the chloroplast ultrastructure and post - storage photosynthetic performance of watermelon (*Citrullus lanatus*) plug seedlings[J]. PLoS One, 2014, 9(10):e111165.
[4] Yang R P, Mo Y L, Liu C M, et al. The effects of cattle manure and garlic rotation on soil under continuous cropping of watermelon (*Citrullus lanatus* L.) [J]. PLoS One, 2016, 11(6):0156515.

韩金龙,童晓利,曹荣祥,等. 避雨栽培对梨树开花及成花基因表达的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(24):124-129.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.24.030

避雨栽培对梨树开花及成花基因表达的影响

韩金龙¹,童晓利¹,曹荣祥¹,蒋立奔¹,阚家亮²,李 慧²

(1. 江苏丘陵地区南京农业科学研究所,江苏南京 210046;

2. 江苏省农业科学院果树研究所/江苏省高效园艺作物遗传改良重点实验室,江苏南京 210014)

摘要:以梨品种苏翠 1 号和翠冠为试材,露地栽培为对照,记录梨树生长微环境情况、比较梨花器官从花芽萌动期到落花期整个发育过程的形态特征,同时分析成花相关基因表达特点,以期为指导生产提供基础资料。结果显示,避雨栽培能够提高梨园空气温湿度及土壤湿度,改善梨树生长微环境;促进梨成花相关基因 *PbLTY* 和 *PbFT* 转录上调,提早整体物候期,延长开花周期,提高梨成花率、开花率及改善花生长状况。

关键词:梨;避雨栽培;微环境;开花;成花基因

中图分类号: S661.204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)24-0124-06

梨是我国主栽的三大果树之一,在南北方均有栽植。随着气候变暖,极端天气增多,春季寒潮时有发生,影响梨树成花率和成花质量,严重制约了我国梨产业的发展^[1]。梨树设施栽培可通过改变光照、温湿度等生态因子,促进梨树的物候期提前^[2],减少不良气候因子的影响,从而改善梨果实品质,提早上市。避雨栽培是果树设施栽培中的一种集约化栽培方式^[3],主要是在果园搭建聚乙烯塑料薄膜固定式避雨设施。目前避雨栽培在葡萄^[4]、大樱桃^[5]、芒果^[6]等树种上均有相关研究,研究主要集中在果树病害防控和果实品质提优等方面,对果树成花影响的报道较少。

温度是调节果树物候期最重要的影响因素^[7-9]。研究表

明,花芽萌发的环境变化与成花质量具有密切关系^[10]。果树开花期前 1 个月对平均温度的变化最为敏感^[9]。而土壤湿度直接决定开花时间和花芽萌发状况^[11-13]。除此之外,物候期也与降水量的多少有一定的相关性^[14-16]。通过改善果树树冠层的温湿度、土壤湿度及光照强度,可影响树体的营养生长和生殖生长。因此,利用避雨栽培设施,改变梨树生长微环境,可影响梨树成花。

果树成花要经过花芽分化期、花芽休眠期和花芽萌发期 3 个阶段,每个阶段的转变都会受到一系列基因的表达调控,而开花过程也需要相关基因的启动与调节^[17]。*LEAFY*(*LFY*)基因和 *FLOWERING LOCUS T*(*FT*)基因是模式植物花器官转化的关键基因,对植物成花起着正相关调控作用^[18]。目前,在苹果、桃和葡萄等果树上已分离出成花相关基因,它们在不同花器官中起着调控果树成花的作用^[19-21]。在梨上亦分离出 *LFY* 和 *FT* 的同源基因,但仅局限于花芽分化阶段的研究^[22],对它们在梨树开花过程中的具体表达特点尚不清楚。本研究通过比较露地和避雨 2 种栽培条件下梨园微环境的差异,分析花芽外观形态特征与相关成花基因的表达特点,明确避雨栽培对梨树成花情况与开花质量的影响,为梨树在南方

收稿日期:2018-09-05

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(16)1031];江苏省自然科学基金(编号: BK20151361)。

作者简介:韩金龙(1989—),男,山西霍州人,硕士,助理研究员,主要从事果树生理栽培与分子生物学研究。E-mail: hjlmg24@126.com。

通信作者:李 慧,博士,副研究员,主要从事果树逆境生理与分子生物学研究。E-mail: lihui7904@163.com。

[5] Davis A R, Perkins - Veazie P, Sakata Y, et al. Cucurbit grafting[J].

Critical Reviews in Plant Sciences, 2008, 27(1): 50-74.

[6] Lv H F, Cao H S, Nawaz M A, et al. Wheat intercropping enhances the resistance of watermelon to *Fusarium* wilt[J]. Frontiers in Plant Science, 2018, 9: 696.

[7] Yetisir H, Sarin, Yucel S. Rootstock resistance to *Fusarium* wilt and effect on watermelon fruit yield and quality[J]. Phytoparasitica, 2003, 31(2): 163-169.

[8] 刘慧英,朱祝军,吕国华. 低温胁迫对嫁接西瓜耐冷性和活性氧清除系统的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 659-662.

[9] Yan Y Y, Wang S S, Wei M, et al. Effect of different rootstocks on the salt stress tolerance in watermelon seedlings[J]. Horticultural plant journal, 2018, 4(6): 239-249.

[10] Yetisir H, Caliskan M E, Soyulu S, et al. Some physiological and growth responses of watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.)

Matsum. and Nakai] grafted onto *Lagenaria siceraria* to flooding[J]. Environmental and Experimental Botany, 2006, 58(1/2/3): 1-8.

[11] Colla G, Roupheal Y, Cardarelli M A, et al. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon[J]. Environmental and Experimental Botany, 2010, 68(3): 283-291.

[12] Pulgar G, Villora G, Moreno D A, et al. Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: nitrogen metabolism[J]. Biologia Plantarum, 2000, 43(4): 607-609.

[13] 张 莉,孟祥祥,刘 娜,等. 低磷胁迫下嫁接对西瓜生长早期磷素吸收和利用的影响[J]. 果树学报, 2012, 29(1): 120-124.

[14] Huang Y, Li J, Hua B, et al. Grafting onto different rootstocks as a means to improve watermelon tolerance to low potassium stress[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 149: 80-85.