

果袋微域环境对温室小型番茄果实生长及果实光系统II活性的影响

赵立坤, 高志奎, 王 梅

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以小型番茄“佳西娜”为试材,采用打孔处理的聚丙烯拉伸透明膜袋 TPF 和聚乙烯淋膜白纸袋 WPF 进行整穗套袋,研究了在 2 种打孔通气方式的基础上 2 种果袋材质的袋内微域环境对番茄果实生长、品质、叶绿素(叶绿素 a 和叶绿素 b)和果实表面的光系统II(PSII)的影响。结果表明:经过打孔处理的 TPF 和 WPF 的袋内温度明显降低,TPF 的透光率高于 WPF,果实的体积和单果重有不同程度的增加,其中 WPF 8 孔处理的果实体积和单果重增加明显。经过套袋处理后的可溶性糖、维生素 C 和游离性氨基酸含量与 CK 没有显著性差异,改善了套袋对番茄果实的品质具有一定负效应的影响,综合比较其生长品质,WPF 处理的果实综合评价高于 TPF。番茄果实表层叶绿素 a 和叶绿素 b 含量均随着生育进程呈逐渐下降趋势,套袋处理的果实叶绿素 a 含量在 30~40 d 均低于 CK。打孔处理的 WPF 和 TPF 的果实表面的 F_v/F_m 与 CK 无明显差异;与 CK 相比,WPF 处理的光系统II实际量子产量在 10~20 d 明显降低,TPF 处理的光系统II实际量子产量在 30 d 降低;WPF 处理的光系统II调节性能量耗散量子产量在 20 d 增加明显,所有处理的非调节性能量耗散量子产量在 40 d 时均到达 1。总之,番茄果实经过透光率低的 WPF 处理后 PSII 实际光化学效率下降,同时更多地依赖于非调节性能量耗散方式来分流 PSII 的能流。

关键词:番茄;套袋;果实;叶绿素荧光;光系统II

中图分类号:S 626.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)02-0005-05

果菜类蔬菜在温室生产栽培中,不可避免的会使用农药防治病虫害,特别是像番茄具有连续结果、连续采收的特点的蔬菜。许多研究发现套袋可有效降低果菜类蔬菜的农药残留^[1-4]、改善商品品质^[5],侯田莹等^[6]研究表明黄瓜套袋可改善黄瓜口感风味;王梅等^[7]研究了套袋对大型番茄不同时期的果面光能吸收转化利用的影响,认为套袋会迫使果实表面光系统II光化学效率增大。还有些研究同样集中在不同袋材质、不同套袋方式和套袋时期^[8-11]。但针对果袋袋型的微域环境对小型番茄的生长影响的研究尚鲜见报道。

该试验以温室小型番茄为试材,采用袋面 4 对孔和 8 对孔 2 种打孔通风透气的聚乙烯淋膜白纸袋(WPF)和聚丙烯拉伸透明膜袋(TPF),对日光温室小型番茄进行

整穗套袋处理,通过不同果袋袋型的内部微域环境温度和光照、果实生长、果实营养品质、果实表面叶绿素含量及其光系统II动力学活性的测定,观察果袋袋型对番茄果实生长的影响,同时分析袋内光强对果面光系统II动力学活性的影响,以期筛选出适宜的果袋袋型,为套袋番茄无公害生产提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种为“佳西娜”。

1.2 试验方法

试验于 2011 年 11~12 月在河北省固安县顺斋蔬菜高科技产业园区日光温室内进行。试验共设 5 个处理:①空白对照 CK;②袋面两侧 4 对打孔处理的聚丙烯拉伸透明膜袋 TPF4;③袋面两侧 8 对打孔处理的聚丙烯拉伸透明膜袋 TPF8;④袋面两侧 4 对打孔处理的聚乙烯淋膜白纸袋 WPF4;⑤袋面两侧 8 对打孔处理的聚乙烯淋膜白纸袋 WPF8。果袋长 35 cm,宽 27 cm,3 边封口。每处理 10 次重复。套袋时选择长势和结果部位基本一致的植株上的第 2 穗花序,入选果穗上选留 16 个大小均匀的幼果,将其余花果摘除,套袋时将果袋由上至

第一作者简介:赵立坤(1986-),男,在读硕士,研究方向为蔬菜质量安全与营养。E-mail:zhaolikun1016@163.com.

责任作者:高志奎(1963-),男,河北迁安人,博士,教授,博士生导师,现主要从事蔬菜生理生态研究工作。E-mail:gaozhikui2005@163.com.

基金项目:河北省“十一五”科技支撑计划资助项目(07220701D)。

收稿日期:2012-09-26

下套住果穗,顶部用曲别针扎好袋口,上挂标签。套袋前将萎蔫花瓣腐叶摘除,以免由于袋内高温高湿而感染灰霉病。其它管理按常规方法进行。

1.3 项目测定

1.3.1 果袋袋型内部温度的测定 采用 ETH601 电子温度计对果袋袋型内部温度在 7:00~19:00 每间隔 1 h 进行 1 次测定。

1.3.2 果袋材质透光率指标的测定 采用光纤光谱仪 (QE65000, Spectrometer Ocean Optics, Inc. USA), 用 360~2 000 nm 的卤钨光源 HL-2000 对果袋材质进行透射光谱测定。

1.3.3 果实表层叶绿素含量测定 采用丙酮和无水乙醇提取法测定果实表面叶绿素含量。取表层的 3 mm 厚果肉,将果肉切成 1 mm³ 的小块,取 2 g 置于 6 mL 丙酮和无水乙醇 2:1(V/V) 混合液中,于黑暗处浸提 24 h。待果肉组织变白后混匀取上清液,采用日本岛津公司生产的 UV-2450 型的分光光度计,在波长 645、663 nm 下测定其 OD 值,3 次重复。按照 Arnon 公式计算叶绿素 a (Chl a) 和叶绿素 b (Chl b) 的含量。

1.3.4 果实商品品质的测定 果实成熟后采收,测定单果质量和体积,可溶性糖含量用蒽酮比色法^[12]测定;可溶性蛋白质含量用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[13]测定;游离氨基酸含量用水合茚三酮法^[13]测定;维生素 C 含量用 2,6-二氯酚靛酚钠滴定法^[13]测定。

1.3.5 番茄果实表面光系统Ⅱ光化学活性测定 采用德国 WALZ 公司生产的成像荧光仪 MINI-IMAGING-PAM,对番茄果实表面进行叶绿素荧光动力学参数测定。材料暗适应 20 min 后,在测量光(强度为 $0.1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,脉冲频率为 1 Hz)下诱导产生初始荧光(F_0),随后用强饱和脉冲光(强度为 $4\,800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,脉冲光时间为 0.8 s)激发产生最大荧光(F_m)。当荧光从最大值降到接近 F_0 水平时,用光化光(强度为 $40 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)诱导荧光动力学,并每隔 20 s 打开饱和脉冲进行荧光参数 F_m' 和 F_s 测定。据此计算的叶绿素诱导荧光动力学参数分别为,光系统Ⅱ最大量子产量 $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ ^[14],光系统Ⅱ实际量子产量 $Y(\text{II}) = (F_m' - F)/F_m'$,光系统Ⅱ调节性能量耗散量子产量: $Y(\text{NPQ}) = 1 - Y(\text{II}) - 1/(1 + qL(F_m/F_0 - 1))$,非调节性能量耗散量子产量: $Y(\text{NO}) = 1/(NPQ + 1 + qL(F_m/F_0 - 1))$ 。其中, $NPQ = (F_m - F_m')/F_m'$, $qL = (F_m' - F)/(F_m' - F_0') \times F_0'/F$, $F_0' = F_0/(F_v/F_m + F_0/F_m)$ 。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2003 进行整理、分析和作图,采用 DPS 7.0 数据分析软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 果袋袋型对袋内微域环境温度和透光率的影响

由图 1 可知,试验采用的 2 种果袋材质的透光率有显著差异。在波长 400~890 nm 范围内,聚丙烯拉伸透明薄膜袋(TPF)平均透光率为 93.2%;聚乙烯淋膜白纸袋(WPF)平均透光率均较低,只有 45.1%,并且随着波长的增加透光率略有增加。

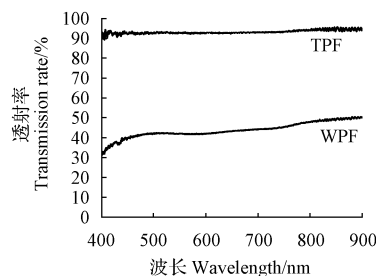


图 1 2 种材质的果袋透射光谱比较

Fig. 1 Transmission spectra of 2 kinds of bags in the visible waveband

由图 2 可知,通过袋面打孔处理后,2 种果袋材质袋内日平均温度和日最高温度仍会略高于 CK 仅 0.5~2.0℃,而袋面 8 对孔的 WPF8 和 TPF8 袋内日平均温度和日最高温度则会略低于袋面 4 对孔的 WPF4 和 TPF4。另外,TPF 袋内日平均温度和日最高温度略高于 WPF。

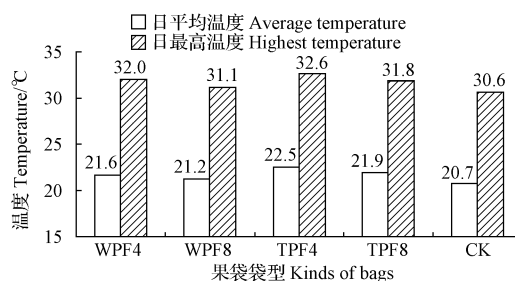


图 2 果袋袋型对袋内微域环境温度的影响

Fig. 2 Effects of different kinds of bags on temperature inside

2.2 果袋袋型对果实单果重及品质的影响

由表 1 可知,经过套袋处理后,果实的体积和单果重有所增加,WPF8 处理的果实体积和单果重增加极显著,分别高于对照 22%和 21.1%。经过套袋处理后果实的可溶性糖、维生素 C 和游离性氨基酸含量与 CK 没有显著性差异;TPF 处理的果实可溶性蛋白含量显著低于 CK 和 WPF 的处理,WPF 处理的果实可溶性蛋白含量与 CK 无显著差异。

2.3 果袋袋型对果实表层叶绿素含量的影响

由图 3 可知,番茄果实表层叶绿素 a (Chl a) 含量随着生育进程呈逐渐下降趋势(图 3-A)。TPF 和 WPF 套袋后的 0~20 d 果实表层 Chl a 含量与 CK 差异不明显,

表 1 果袋袋型处理对番茄果实单果重及营养品质的影响

Table 1 Impact of different kinds of bags treatments on the single fruit weight and the nutritive quality of tomato fruit

| 处理 | 单果重 | 体积 | 可溶性糖 | 维生素 C | 可溶性蛋白质 | 游离氨基酸 |
|------------|-----------------------|------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Treatments | Single fruit weight/g | Volume/cm ³ | Soluble sugar/% | Vitamin C/mg · (100g) ⁻¹ | Soluble protein/g · kg ⁻¹ | Free amino acids/mg · (100g) ⁻¹ |
| WPF4 | 43.80bcBC | 56.10bcB | 2.4929aA | 17.4537aA | 11.3221aA | 20.10869aA |
| WPF8 | 51.15aA | 64.75aA | 2.3893aA | 17.4074aA | 11.3047aA | 20.77631aA |
| TPF4 | 43.70bcBC | 55.53bcB | 2.9853aA | 17.5463aA | 10.8096bA | 19.18921aA |
| TPF8 | 45.83bB | 57.15bB | 2.5964aA | 17.4537aA | 10.8444bA | 19.86406aA |
| CK | 42.25cC | 53.08cB | 2.5083aA | 17.5000aA | 11.3120aA | 19.88118aA |

注:不同大、小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。

Note: Data with different small and capital letters mean significant difference at 0.01 and 0.05 level respectively.

套袋 30 和 40 d 时略低于 CK, 且 WPF 处理果实表层 Chl a 含量低于 TPF 处理。番茄果实表层叶绿素 b (Chl b) 含量也随着生育进程的推进呈现逐渐下降趋势 (图 3-B)。与 CK 相比, WPF 套袋后 10 d 的果实表层 Chl b 含量较大, 但是后期 Chl b 降解较快。

2.4 果袋袋型对果实表面光系统Ⅱ活性的影响

由图 4 可知, 不同果袋袋型处理的果实表面 F_v/F_m 与 CK 没有明显差异。番茄果实表面光系统Ⅱ的能流分配 3 组中, 在 0~30 d 以 $Y(II) > Y(NO) > Y(NPQ)$; 至第 40 天果实进入转色期, 其能流全部以非调节性方式耗散, $Y(NO)$ 增至 1, 而 $Y(II)$ 和 $Y(NPQ)$ 降为 0 (图 5)。

由图 5 可知, 对照 CK 果实表面的 $Y(II)$ 在 0~30 d 一直处于较高水平; TPF 处理的 $Y(II)$ 在 10~20 d 与 CK 相近, 30 d 时有所降低; WPF 处理的 $Y(II)$ 在 10~30 d 内呈现明显下降趋势。CK 的 $PSII$ 调节性能量耗散量 $Y(NPQ)$ 在 10~30 d 内呈现比较稳定的状态; 而 TPF 处理的 $Y(NPQ)$ 在 10~30 d 内略有增减; 可是 WPF 处理的 $Y(NPQ)$ 在 20 d 明显增大。CK 的 $PSII$ 非调节性能量耗散量 $Y(NO)$ 在 10~30 d 内亦呈现比较稳定的状态; TPF 和 WPF 套袋果实的 $PSII$ 非调节性能量耗散量子产量 $Y(NO)$ 在 10~20 d 内与 CK 相近, 可是在 30 d 均高于 CK。

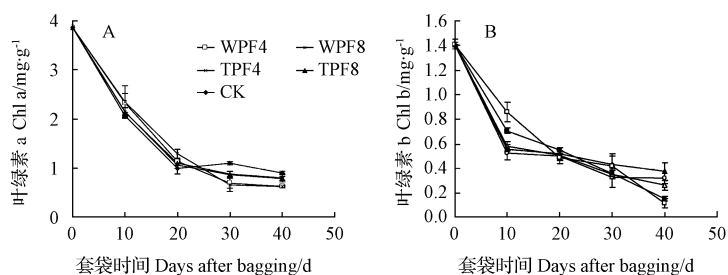


图 3 果袋袋型对番茄果实叶绿素 a(A)和叶绿素 b(B)含量的影响

Fig. 3 Impact of different kinds of bags on the content of Chl a (A) and Chl b (B) of tomato fruits

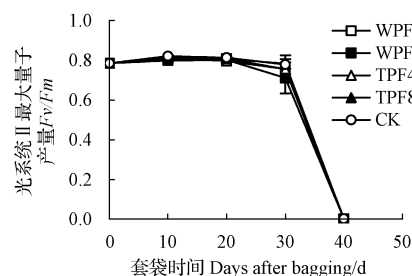


图 4 果袋袋型对果实表面光系统Ⅱ最大光化学效率的影响

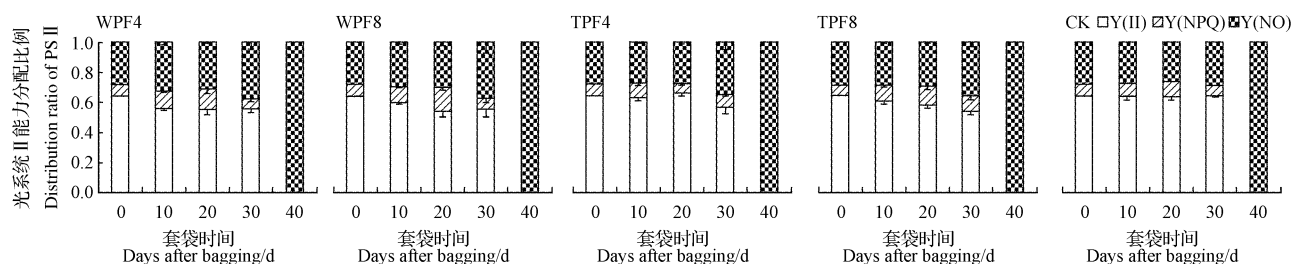
Fig. 4 Effects of different kinds of bags on the maximum quantum yield F_v/F_m of tomato fruits surface

图 5 果袋袋型对果实表面光系统Ⅱ能力分配的影响

Fig. 5 Effects of different kinds of bags on distribution capacity of $PSII$ of tomato fruits surface

3 结论与讨论

已有研究表明, 套袋可以明显降低果实表面的农药直接接触污染^[15]。可是采用一些透光性材质套袋会提高袋内温度^[16], 但增温 0.5~4.1℃会造成番茄果实偏小

和过早转红问题发生。该试验采用袋面打孔处理后, 增强了袋内微域环境的通风效果, 袋内温度明显降低, 与外部环境温差减小, 增温仅有 0.5~2.0℃。其中, 袋面通风孔数量多进一步增强了袋内微域环境的调控降温效果。另外, 虽然 TPF 透光率远高于 WPF 近 1 倍, 可是

袋面进行打孔通风,依然可以有效地调控袋内微域环境的温度。

有些研究表明,套袋对果实生长影响不大^[17]或略有促进效应^[18]。该课题组采用淋膜白纸袋(WPF)对日光温室大果型番茄在越冬弱光季节进行套袋发现果实膨大受到明显影响。为此,增选了透光性较高的聚丙烯拉伸透明袋(TPF),再加上袋面通风孔调控袋内微域温度环境,试验结果表明日光温室小型番茄果实采用2种材质果袋套袋后均有略促进果实生长的作用;同时,果实的可溶性糖、维生素C和游离性氨基酸含量与CK没有显著性差异,一定程度上保持了果实的品质,改善了套袋对番茄果实的品质具有一定负效应的影响^[19-20]。

近年来已有关于果实表面PSII对光能的捕获吸收、转化利用的报道^[21]。有研究表明番茄果实的荧光参数与叶片的荧光参数相似^[22],并且果实同样具有较高的 F_v/F_m ^[23]。日光温室小型番茄果实套袋后,WPF袋内弱光和温度略高的微域环境适应下,虽然WPF套袋果实表层最大光化学效率 F_v/F_m 与CK没有显著差异(图4),可是Y(II)在10~30 d内呈现明显下降趋势,与增强光保护能力有关的参数PSII调节性能量耗散量Y(NPQ)在20 d明显增大,与免受光损伤能力有关的参数PSII非调节性能量耗散量Y(NO)在30 d明显增大,30和40 d果实表层叶绿素a含量略低;所不同的是,TPF袋内光照较强和温度略高的微域环境适应下,仅在30 d时Y(II)有所降低。

参考文献

- [1] 王志伟.套袋材料对温室番茄病虫害发生及果实农药残留的影响[J].西北园艺,2004(11):49-51.
- [2] 孟焕文,程智慧,刘涛,等.果实套袋对番茄果实发育和品质的影响[J].西北农业学报,2004,13(1):59-61.
- [3] 程智慧,赵英,孟焕文,等.不同材质果袋春夏季节套袋对黄瓜果实发育和品质的影响[J].生态学报,2007(2):330-337.
- [4] 陈志杰,张淑莲,梁银丽,等.果实类蔬菜套袋技术效果评价[J].西北

植物学报,2004,24:850-854.

- [5] 陶然.茄子套袋栽培品质好[J].农家致富,2010(15):35.
- [6] 侯田莹,王福东,郑淑芳.套袋对黄瓜产量和品质的影响及经济效益分析[J].北方园艺,2011(1):32-35.
- [7] 王梅,高志奎,薛占军,等.套袋对番茄果实表面光系统光能吸收利用的影响[J].应用生态学报,2010,21(9):161-168.
- [8] 许如意,何子顺,孔祥义,等.不同套袋材料对哈密瓜果实的影响试验初报[J].广东农业科学,2008(11):40-41.
- [9] 陈霞.不同套袋材质对温室洋西瓜品质的影响[J].广西轻工业,2011(7):13-14,57.
- [10] 张彩青,马士磊,张文倩,等.不同套袋方式对甜瓜果实品质的影响[J].山东农业科学,2010(11):34-36.
- [11] 王元理,秦达遼,李桂珍,等.套袋时期与所用材料对芒果果实品质的影响[J].热带农业科学,2004(3):11-14.
- [12] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:192-197.
- [13] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000:101-103,135-138,160-163.
- [14] Demmig-adams B. Carotenoids and photoprotection in plants: A role for the xanthophylls zeaxanthin[J]. Biochim Biophys Acta,1990,1020:1-24.
- [15] 王建武,陈厚彬,周强,等.套袋对荔枝果实质量和农药残留的影响[J].应用生态学报,2003(14):710-712.
- [16] 赵英,程智慧,咸丰,等.冬春季节不同套袋对番茄果实发育和品质的影响[J].西北农林科技大学学报,2006(12):55-60.
- [17] 王本辉,赵淑梅,韩秋萍.日光温室蔬菜套袋果实发育及质量变化的研究[J].蔬菜,2005(3):41-43.
- [18] 王磊,徐坤.果袋材质对番茄果实微环境及其生长发育的影响[J].中国蔬菜,2006(1):15-18.
- [19] 王敬兵,刘玉祥,平文超.不同去袋时期对套袋红富士苹果果实品质的影响[J].唐山职业技术学院学报,2010(1):75-77.
- [20] 王磊,徐坤,高方胜,等.套袋对越冬番茄果实特性及品质的影响[J].中国农业科学,2007,40(2):345-351.
- [21] Carrara S, Pardossi A, Soldatini G F, et al. Photosynthetic activity of ripening tomato fruit[J]. Photosynthetica,2001,39:75-78.
- [22] 林丽,高志奎,王梅,等.高温对北方白黄瓜果实表面光系统II光能利用效率的影响[J].中国农学通报,2011,27(8):181-184.
- [23] 王俊玲,高志奎,赵飞.热胁迫对番茄果实表面光系统活性的影响[J].园艺学报,2011,38(4):675-682.

Effects of Bagging Microenvironment on Growth and Activity of Photosystem II of Small Tomato in Greenhouse

ZHAO Li-kun, GAO Zhi-kui, WANG Mei

(College of Horticulture, Agriculture University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: Taking small tomato 'Jiaxina' as test material, the microenvironment inside 2 kinds of material fruit bags with the 2 vents ways of the polypropylene transparent plastic film bag (TPF) and the 2 vents ways of the polyethylene white paper film bag (WPF) on its growth, quality, chlorophyll (Chl a and Chl b) and photosystem II (PSII) influence were studied. The results showed that the temperature which inside the bags with TPF and WPF was obviously decreased, the transmission rate of the TPF was higher than the WPF, the volume of fruit and the weight of fruit were increased, the weight of fruit and the volume of fruit inside the WPF with 8 holes were remarkably increased compared with CK. The

吉林省长春地区主栽越橘品种生长动态研究

杨晓旭, 吴林, 张志东, 李亚东, 刘海广

(吉林农业大学 小浆果研究所, 吉林 长春 130118)

摘要:以吉林长春地区主栽越橘品种“北陆”、“蓝丰”、“美登”为试材,对其株高、冠幅、延长枝、基生枝等各项指标进行测定,研究其年周期变化规律,得出关于长春地区主栽越橘品种的生长动态规律,以期对栽培管理和肥水管理起到指导作用。结果表明:株高快速生长阶段是在整个8月份,冠幅的快速生长的阶段是在7月末至8月末,与株高快速增长阶段相一致;果实采收期是在7月末至8月初。可见越橘树体空间增长是在果实成熟以后开始的,此时要注意肥水管理,以便提供充足的水分养料,来供给树体的快速增长;延长枝从7月初到8月末一直保持着快速生长状态,基生枝的快速生长也是集中在7月初到8月中旬。从7月初至9月末,新梢的整体生长速度趋势呈现出“快-慢”趋势,树体营养生长与生殖生长同时进行,所以,在此期间要加强肥水管理,来保持越橘营养的正常供应,为翌年的高产做好准备。

关键词:越橘;生长;动态;年周期

中图分类号:S 663.9(234) **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)02-0009-03

越橘属杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium* spp.)多年生落叶、常绿灌木或小灌木植物。当年生枝(非基生枝)顶端可以形成花芽,开花结果后顶端枯死,下部叶芽萌发新梢并形成花芽。基生枝第2年可形成

花芽并开花结果,代替越橘植株中的老弱病残的枝组,更新复壮树体。我国越橘栽培起步较晚,但发展较快。吉林农业大学自1983年开始进行了越橘的引种、栽培与快速繁殖等一系列的试验研究^[1-5],但关于越橘生长动态的研究很少。该试验对吉林长春地区主栽越橘品种的生长动态进行研究,探讨越橘在各个时期的各部位生长变化规律,旨在探明越橘的栽培表现,为生产实践提供理论依据和科学指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

供试材料来自吉林农业大学蓝莓基地,东经125°24'31",北纬43°48'21",年平均气温2.1~6.7℃,冬季寒冷且低温时间长,年低温极值均在一30℃以下,长春地区最低

第一作者简介:杨晓旭(1988-),男,硕士,研究方向为越橘栽培生理。E-mail:692625442@qq.com.

责任作者:吴林(1970-),男,硕士,教授,研究方向为小浆果果树种质资源与栽培生理。E-mail:wulin777@yahoo.cn.

基金项目:农业部公益性行业科研专项资助项目(201103037);吉林省科技厅资助项目(20060714;20040112);长春市科技局资助项目(长科技合2009153号);吉林农业大学博士科研启动基金资助项目(201247)。

收稿日期:2012-09-17

soluble sugar, vitamin C and free amino acids of tomato with the fruit bagging were not changed remarkably compared with CK, which improved the negative effect of bagging on tomato fruit quality, comprehensive comparison of its growth quality, the evaluation of fruit comprehensive with the WPF were higher than those of TPF. Meanwhile, the chlorophyll (Chl a and Chl b) of tomato with the fruit bagging was remarkably lower than CK in growth process, the chlorophyll (Chl a) of tomato with the fruit bagging was lower than CK in 30~40 d. The Fv/Fm of TPF and WPF was not changed remarkably compared with CK; compared with CK, the $Y(II)$ of WPF was remarkably lower in 10~20 d, the $Y(II)$ of TPF was lower in 30 d; the quantum yield of regulated energy dissipation $Y(NPQ)$ of WPF was remarkably higher in 20 d, and the quantum yield of non-regulatory energy dissipation $Y(NO)$ of all of the treatments was to 1 in 40 d. In short, the actual photochemical efficiency of PSII of the fruit inside the WPF with lower transmission rate was come down, meanwhile, distributed energy flow was more dependent upon the quantum yield of non-regulatory energy dissipation($Y(NO)$).

Key words: tomato; bagging; fruit; chlorophyll fluorescence; photosystem II